



TITLE:

# 林道路面の良否判定に関する研究 (II) : (車両の振動加速度と測定諸条件との関係)

AUTHOR(S):

岩川, 治

---

CITATION:

岩川, 治. 林道路面の良否判定に関する研究 (II) : (車両の振動加速度と測定諸条件との関係). 京都大学農学部演習林報告 1965, 37: 159-189

ISSUE DATE:

1965-11-15

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/191399>

RIGHT:

# 林道路面の良否判定に関する研究 (II)

## (車両の振動加速度と測定諸条件との関係)

岩 川 治

### A Method for the Estimation of Qualities of Forest Roads (Part II)

#### (The Relationship between the Vibro-acceleration and the measuring Conditions)

Osamu IWAKAWA

#### 目 次

緒言.....	160	3.2.1 測定路線および測定車両	
1. 車両の荷台上の位置と振動加速度との関係.....	160	3.2.2 積荷条件と積荷方法	
1.1 はじめに		3.2.3 その他の条件	
1.2 測定方法		3.3 測定結果	
1.2.1 測定路線と測定車両		3.4 結果の考察・論議	
1.2.2 測定計器とその固定位置		3.4.1 結果の概要	
1.2.3 その他の測定条件		3.4.2 積荷車両と空荷車両との関係	
1.3 分析の方法と測定結果		3.4.3 路面判定法との関係	
1.4 結果の考察と論議		4. 車両のタイヤ圧と振動加速度との関係.....	173
1.4.1 結果の概要		4.1 はじめに	
1.4.2 回転振動と結果についての論議		4.2 測定方法および条件について	
1.4.3 路面判定との関係		4.2.1 測定路線と測定車両	
2. 車両の走行速度と振動加速度との関係.....	166	4.2.2 車両タイヤ圧について	
2.1 はじめに		4.2.3 その他の測定条件	
2.2 測定方法と条件		4.3 測定結果	
2.2.1 測定路線の選定および測定車両		4.4 結果の考察・論議	
2.2.2 走行速度の条件		4.4.1 結果の概要	
2.2.3 その他の条件		4.4.2 考察・論議	
2.3 測定結果		5. 路線のカーブと車両の振動加速度.....	176
2.4 結果の考察・論議		5.1 はじめに	
2.4.1 結果の概要		5.2 カーブ路線での測定方法	
2.4.2 路面判定との関係		5.3 測定カーブの選定	
3. 積荷量と振動加速度との関係.....	169	5.4 測定結果および考察	
3.1 はじめに		5.4.1 結果の概要	
3.2 測定の方法・条件		5.4.2 左右振動加速度への影響	



5・4・3 上下方向の振動加速度	7・2・2 測定条件
5・4・4 路面の良否判定との関係	7・3 測定結果
6 その他の条件と振動加速度…………… 180	7・4 結果の考察と論議
6・1 車両の種類との関係	7・4・1 走行速度と測定位置の交互作用
6・2 路面の勾配との関係	7・4・2 走行速度とタイヤ圧の交互作用
6・3 運転者との関係	7・4・3 その他の考察
7 測定条件間の交互作用について… 181	結 言…………… 185
7・1 はじめに	参考文献…………… 185
7・2 測定方法・条件	摘 要…………… 186
7・2・1 測定路線・測定車両について	Résumé …………… 187

## 緒 言

本稿は、筆者のとりまとめた論文“An Estimation of Qualities of Forest Road Surfaces”(英文)のなかから、Part II の内容を以下のようにとりまとめたものである。

本研究の主たる目的は、さきに京大演報 No. 36<sup>15)</sup>において記述したように、車両の振動現象を利用して走行車両に生ずる衝撃荷重(振動加速度に関係)の大きさを尺度とし、林道路面の良否を判定すること、および、その方法に科学的な根拠を与えることであった。

本稿では、上記研究との関連において、路面判定法の尺度となる振動加速度と、これが測定諸条件との間にいかなる関係があるかを明らかにするとともに、振動加速度の測定に際してとられるべき最適測定条件に力点をおき、これらを詳細に検討した。

なお本稿では、京大演報 No. 36 における筆者の論文(Part I)との関連において、表、図、数式等はすべてその通し番号を用いることにした。所要に応じ参考にしていただきたいと考える。

本稿を草するに当たり、多年にわたって御懇篤なる御指導を賜った京都大学杉原教授、および、多大の助言をいただいた佐々木助教教授、ならびに林業工学研究室の各位に対し、深甚の謝意を捧げる。また、本研究の現地調査にさいしては、大雪営林署(北海道)、士別軌道KK(北海道)、山崎営林署(兵庫)、尾鷲営林署(三重)、京大芦生演習林より多大の御援助を得た。あわせてここに感謝の意を表する。

本研究が、将来林道路面の改善と管理においていささかでも貢献するところがあれば、筆者の望外の喜びとするところである。

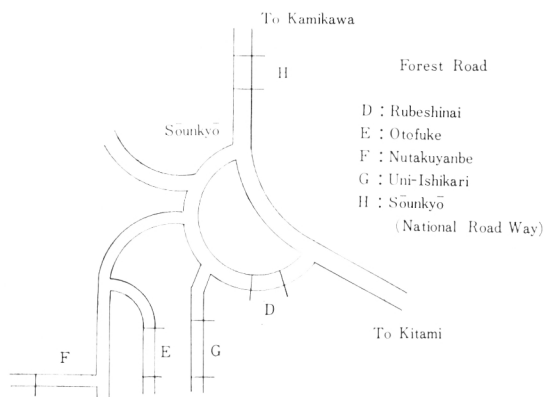
## 1 車両の荷台上の位置と振動加速度との関係

### 1・1 はじめに

測定車両に生ずる振動加速度は、車両の重心位置でもっとも小さくなり、かつその値は、測定場所により異なることが考察される(1. 4. 2)<sup>21) 23)</sup>。しかし、測定車両において、実際には重心位置で測定することは困難であり、筆者は、測定の実用的立場から、車両の荷台上を測定場所として決めることとした。しからば荷台上の位置においては、どこが適切かという問題が生ずる。

本章は、かかる見地から荷台上に6つの測定位置を設定し、それら各位置と、そこにおける振動加速度との関係を、実験を基にしてとりまとめたものであり、路面の良否判定を目的とする場合の測定位置の検討・考察を行ったものである。

## 1・2 測定方法



図—13—1 大雪、管理林道の見取図  
Fig. 13-1 A Sketch of Forest Road at Taisetsu

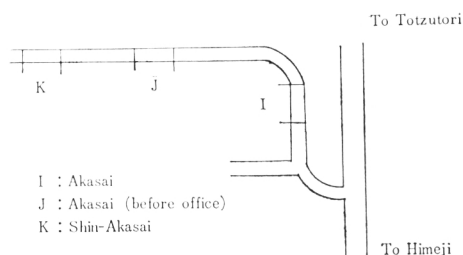


図 13—2 山崎営林署赤西林道の見取図  
Fig. 13-2 A Sketch of Forest Road at Yamasaki

### 1・2・1 測定路線と測定車両

本章で取扱う測定路線は、Fig. 13 で見られる2つの路線で、*E, I*である。これらについての簡単な説明は、文献<sup>15)</sup>(京大、演報 No. 36, 1965: における筆者の論文を以下文献<sup>15)</sup>と呼ぶ)の Table 6 で示した。また、使用車両は、北海道上川の士別軌道株式会社<sup>15)</sup>に所属し、木材運搬を専業とする車両であり、これについての説明は、文献<sup>15)</sup>の Table 7 で示した。

### 1・2・2 測定計器とその固定位置

使用計器は、Fig. 14 に示した計器で、Fig. 14 にみられる電接時計と共に使用した。また、測定位置は、文献<sup>15)</sup>の Fig. 9 にみられるように、No. 1~No. 6 までの6つの点を車両の荷台上に選び、これらを計器の固定位置とした。使用計器および、その固定位置についての詳細は、文献<sup>15)</sup>の III の 1・1 と 1・2 を参照されたい。



図. 14—1 測定車両の荷台上に固定した計器を示す  
Fig. 14-1 Vibrograph fixed on the deck of the motor-truck

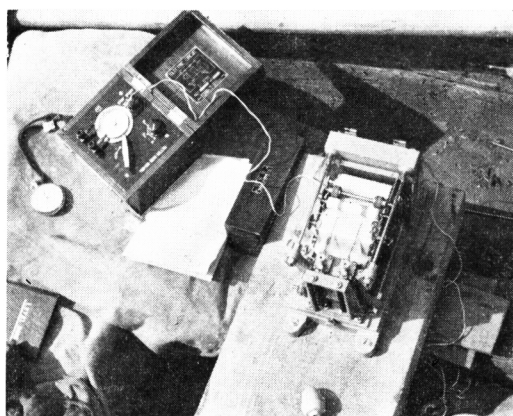


図. 14—2 測定中の振動加速度計と電接時計  
Fig. 14-2 This figure shows a vibrograph and an electric timer

### 1・2・3 その他の測定条件

本研究の目的から、測定位置の変化を除いて、他の測定条件は一定で、つぎのように定めた。

- (1) 空車による走行
- (2) 走行速度一定 (20km/h)
- (3) 車両タイヤ圧一定 (左右車輪のバランスをとる)

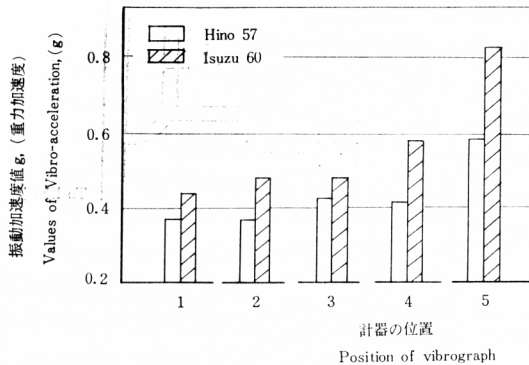


図 15-1 左右振動加速度  $g_H$  と測定位置との関係 (上山方向, 音更林道)

Fig. 15-1 The relation between the value of  $g_H$  and the position is shown in this graph (uphill driving, Otofuke forest road)

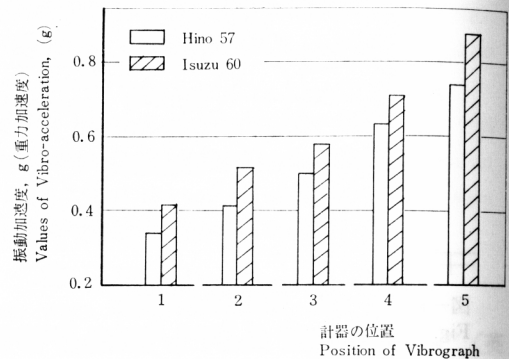


図 15-2 上下振動加速度  $g_V$  と測定位置との関係 (上山方向, 音更林道)

Fig. 15-2 When the vibrograph is placed in various positions, the value of  $g_V$  may be expected to become minimum at the position No. 1. (uphill driving)

表-12 測定位置と振動加速度との関係

Table 12. The relation between the measuring position and the vibro-acceleration

測定車両 Symbol	路 線 Tested Road	走行速度 Speed (km/h)	計器の位置 Position of Vibrograph	振 動 加 速 度 Vibro-acceleration	
				左右方向 Horizontal Component (g)	上下方向 Vertical Component (g)
T <sub>3</sub>  Hino 57	E Uphill Driving (上山)	20	No. 1	$g_H = 0.35 \pm 0.07$	$g_V = 0.34 \pm 0.05$
		20	2	$0.37 \pm 0.07$	$0.41 \pm 0.05$
		20	3	$0.43 \pm 0.05$	$0.50 \pm 0.06$
		20	4	$0.42 \pm 0.07$	$0.63 \pm 0.07$
		20	5	$0.59 \pm 0.07$	$0.74 \pm 0.08$
	E Downhill Driving (下山)	20	No. 1	$g_H = 0.36 \pm 0.03$	$g_V = 0.35 \pm 0.04$
		21	2	$0.37 \pm 0.05$	$0.43 \pm 0.06$
		21	3	$0.40 \pm 0.05$	$0.52 \pm 0.09$
		21	4	$0.48 \pm 0.05$	$0.65 \pm 0.06$
		21	5	$0.62 \pm 0.07$	$0.81 \pm 0.08$
T <sub>5</sub>  Isuzu 60	E Uphill Driving (上山)	20	No. 1	$g_H = 0.43 \pm 0.04$	$g_V = 0.42 \pm 0.04$
		21	2	$0.48 \pm 0.10$	$0.51 \pm 0.10$
		20	3	$0.48 \pm 0.09$	$0.58 \pm 0.10$
		20	4	$0.57 \pm 0.08$	$0.71 \pm 0.06$
		20	5	$0.83 \pm 0.12$	$0.89 \pm 0.12$
	E Downhill Driving (下山)	22	No. 1	$g_H = 0.41 \pm 0.05$	$g_V = 0.44 \pm 0.06$
		22	2	$0.47 \pm 0.08$	$0.55 \pm 0.12$
		22	3	$0.47 \pm 0.07$	$0.67 \pm 0.10$
		21	4	$0.60 \pm 0.07$	$0.78 \pm 0.09$
		22	5	$0.68 \pm 0.10$	$0.85 \pm 0.12$

註: 表中の  $g_H$ ,  $g_V$  値は片振巾の振動加速度値を示す。(文献 (15) 参照)

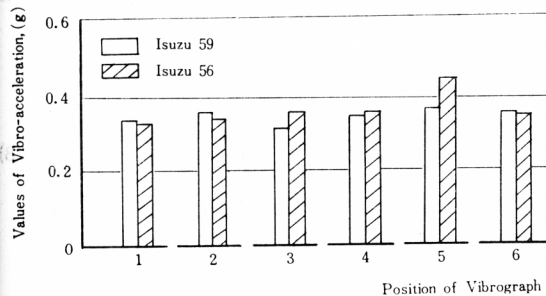
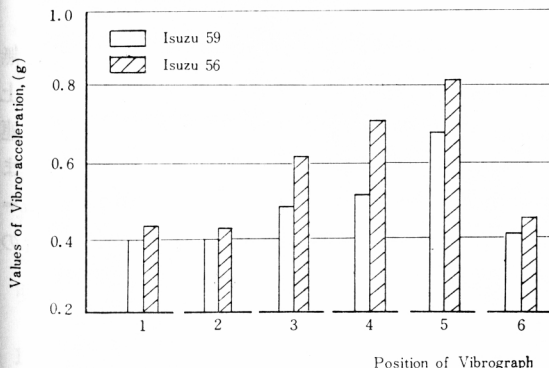
Notation: The amplitude of the vibro-acceleration which varies with time is recorded by means of a vibrograph in two directions, horizontal and vertical. Therefore, we can see from this amplitude the value of the vibro-acceleration.

Values of  $g_H$  and  $g_V$  in this table were calculated from the amplitude (one side) above or below from a basic line. (See Report No. 15)

第一13 測定位置と振動加速度との関係

Table 13. The relation between the measuring position and the vibro-acceleration

測定車両 Symbol	路 線 Tested Road	走行速度 Speed (km/h)	計器の位置 Position of Vibrograph	振 動 加 速 度 Vibro-acceleration	
				左右方向 Horizontal Component (g)	上下方向 Vertical Component (g)
T <sub>6</sub>  Isuzu 56	I Uphill Driving (上山)	21	No. 1	$g_H = 0.32 \pm 0.02$	$g_V = 0.43 \pm 0.02$
		20	2	$0.33 \pm 0.04$	$0.42 \pm 0.04$
		20	3	$0.35 \pm 0.03$	$0.61 \pm 0.05$
		20	4	$0.35 \pm 0.04$	$0.71 \pm 0.08$
		20	5	$0.44 \pm 0.03$	$0.82 \pm 0.04$
		20	6	$0.29 \pm 0.02$	$0.45 \pm 0.01$
	I Downhill Driving (下山)	20	No. 1	$g_H = 0.32 \pm 0.02$	$g_V = 0.44 \pm 0.03$
		21	2	$0.36 \pm 0.03$	$0.49 \pm 0.04$
		20	3	$0.37 \pm 0.03$	$0.60 \pm 0.04$
		19	4	$0.37 \pm 0.03$	$0.79 \pm 0.10$
		19	5	$0.45 \pm 0.04$	$0.84 \pm 0.08$
		20	6	$0.27 \pm 0.02$	$0.44 \pm 0.04$
T <sub>7</sub>  Isuzu 59	I Uphill Driving (上山)	20	No. 1	$g_H = 0.33 \pm 0.04$	$g_V = 0.39 \pm 0.05$
		20	2	$0.35 \pm 0.03$	$0.39 \pm 0.04$
		20	3	$0.31 \pm 0.02$	$0.48 \pm 0.03$
		20	4	$0.34 \pm 0.02$	$0.51 \pm 0.03$
		20	5	$0.36 \pm 0.02$	$0.68 \pm 0.05$
		20	6	$0.30 \pm 0.02$	$0.41 \pm 0.03$
	I Downhill Driving (下山)	19	No. 1	$g_H = 0.30 \pm 0.03$	$g_V = 0.39 \pm 0.03$
		20	2	$0.35 \pm 0.04$	$0.39 \pm 0.04$
		20	3	$0.31 \pm 0.04$	$0.48 \pm 0.03$
		20	4	$0.40 \pm 0.04$	$0.62 \pm 0.05$
		20	5	$0.46 \pm 0.05$	$0.79 \pm 0.07$
		20	6	$0.33 \pm 0.02$	$0.47 \pm 0.03$

Fig. 16-1 The relation between the value of  $g_H$  and the measuring position (uphill driving, Akasai forest road)Fig. 16-2 The relation between the value of  $g_V$  and the measuring position (uphill driving, Akasai forest road)

## 1・3 分析の方法と測定結果

振動波の分析とその取扱は、文献(5)の III の2・1にしたがい、測定の結果としてつぎのものを得た。

林道 E の結果は、Table 12 に示されるが、Table 12 における振動加速度の値は、林道の上り方向および下り方向におけるものである。また、林道 I についての結果は、Table 13 に示される。Tables 12, 13 から、測定位置に対する振動加速度の値を、左右方向の振動加速度値  $g_H$  と、上下方向の振動加速度値  $g_V$  についてグラフ化すると、Figs. 15, 16 が得られる。これらのグラフ、表から、振動加速度値の増減の傾向は、上り方向、下り方向において同じであることがわかる。

## 1・4 結果の考察と論議

## 1・4・1 結果の概要

1・3の結果からつぎのことがわかる。

(1) 計器の固定位置が No. 1～No. 6 にそれぞれ変化するとき、各位置での振動加速度の値は、Figs. 15, 16 で見られるように、No.

1 の位置でもっとも小さいと考えられる。(No. 1 と No. 6 では類似した値をとるが、車両の荷重時の重心位置付近もまた小さい値になることを知る。) また、No. 1 とその他の点との比較をすると、 $g_H$ ,  $g_V$  の値は、No. 1 の点から遠く離れるほど大きくなるような傾向が見られる。とくにそのさい、 $g_V$  の増加が著しい。この理由については、1・4・2 で述べる。

(2)  $g_H$ ,  $g_V$  の値は、車両のタイプによって異なる値をとることがわかる。しかし、車両タイプが変わっても、 $E$  の林道に対する  $g_H$ ,  $g_V$  の増減の傾向は、 $I$  の林道に対するそれらと同じであることを、Table 13 から知ることができる。

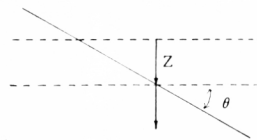
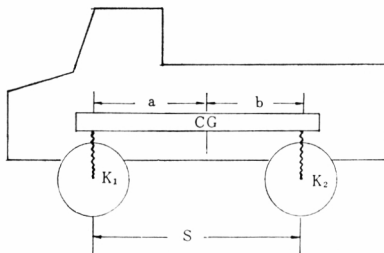
#### 1・4・2 回転振動と結果についての論議

ある車両が、林道のごときデコボコの多い道路を走行する場合、車両バネ上部においては、大別してつぎの2種類の振動が生ずる。すなわち、その一つは直線方向の振動で、水平、上下の振動がこれである。また、もう一つの振動は、車両の回転振動で、横揺れ、縦揺れ、偏揺れに基づく振動である。走行中の車両振動は、一般にこれらの2つの振動の合成されたものであると考えられる。(この直線振動と回転振動の説明は文献(5)のIIで述べた。) 以下、縦揺れを中心として、直線振動と回転振動の関係を述べ、同時に、結果に対する考察、論議を行う。

##### (1) 縦揺れ (pitching) について

Fig. 2 (文献(5), II の2) および Fig. 17 をもとにしてつぎの2つの考察を行う。

1) いま、車両の車体が、その重心  $C \cdot G$  から  $a$ ,  $b$  の距離において、それぞれ  $K_1$ ,  $K_2$  の強さのバネにより別々の車軸上に乗っているとす。このとき、車体の重心が垂直方向に  $Z$  だけ下方に動き、同時に車体が  $\theta$  だけ縦揺れをなしたと仮定すると、車体 (バネ上質量) の運動方程式は(Rowell<sup>20)</sup>の与えた式により) (8)式で与えられる。



$$\left. \begin{aligned} M\ddot{Z} + Z(K_1 + K_2) - \\ \theta(K_1 a - K_2 b) &= 0 \\ M \cdot R^2 \cdot \ddot{\theta} - Z(K_1 a - K_2 b) + \\ \theta(K_1 a^2 + K_2 b^2) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (8)$$

ここに、

$M$ : 車体 (バネ上) 質量

$R$ : 重心回りの回転半径

$K_1, K_2$ : バネ定数

上式により、上下動  $Z$  は  $\theta$  と無関係とならず、換言すれば、上下動とピッチングは連成し、連成振動となることがわかる。また、(8)式において、いま  $K_1 a = K_2 b$  であるとする、(釣合の位置で) (8)式は

$$\left. \begin{aligned} M \cdot \ddot{Z} + Z(K_1 + K_2) &= 0 \\ M \cdot R^2 \cdot \ddot{\theta} + \theta(K_1 a^2 + K_2 b^2) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

となり、上下動とピッチングは連成しなくなる。以上の考察から、上下振動におけるピッチングの影

響は、 $R$ と $\theta$ の大きさに関係して大きくなるのがわかる。

このピッチングについて、さらにつぎの考察を行う。

2) いま、振動計が Fig. 18 の  $Y$  軸上 (文献⑤の Fig. 2 参照)  $C \cdot G$  より  $R$  の距離に固定されるものとする、Fig. 18 を基にしてつぎのことが考えられる。すなわち、力  $F$  が遠心力のもとで  $P$  に働き、トルク  $R \cdot F$  によって  $P$  の変位が  $\overline{PP'}$  になったとすると、変位  $\overline{PP'}$  の水平および垂直成分はつぎの式で与えられる。

$$D_H = 2R \sin^2 \frac{\theta}{2} \dots \dots \dots (10)$$

$$D_V = 2R \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \frac{\theta}{2} \dots \dots \dots (11)$$

ここで、記号はつぎの意味をもっている。

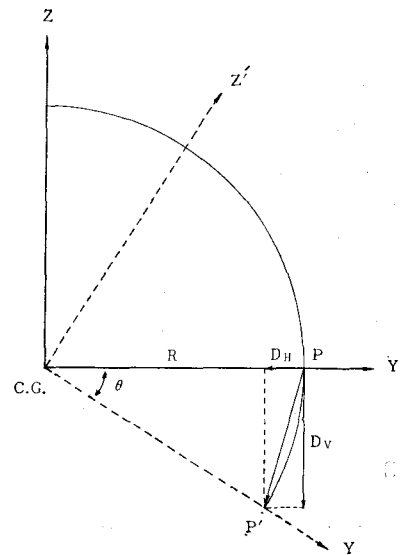
$P$ :  $Y$  軸上に固定される計器の位置, position of vibrograph placed on axis  $Y$

$R$ :  $C \cdot G$  から  $P$  までの距離 (回転半径), distance from  $C \cdot G$  to  $P$

$\theta$ : トルク  $R \cdot F$  により変化する回転角 rotary angle varied by the torque,  $R \cdot F$

$D_H$ : 変位の水平方向の成分, horizontal component of displacement

$D_V$ : 変位の垂直方向の成分, vertical component of displacement



図—18  $Y$  軸上の計器の位置と重心  
周りのピッチングの影響  
Fig. 18 A model on the pitching  
motion about center of gravity

(10), (11)式から、 $D_V$  は  $R$  および  $\theta$  の大きさに関係して大きくなるのがわかる。したがって、上下振動に対する影響もまた、重心位置から遠くなる ( $R$  が大の) ほど大きいと考えてよい。

以上、1), 2)の考察をもとにして、上下振動は重心付近でもっとも小さくなり、重心を離れるほど、上下動とピッチングの連成振動のために、その値は大きくなると考えることができる。このことから、測定位置 No. 1, No. 4, No. 5, No. 6 の結果について、つぎのことが説明できる。すなわち、測定結果によれば、No. 1, No. 6, No. 4, No. 5 における  $g_V$  の値はそれぞれ同一でなく、No. 1 から遠く離れるほど  $g_V$  の値が大きくなっている。先にも述べたように、No. 1 は重心にもっとも近い位置と考える点であり、こうした  $g_V$  の増大は、ピッチングによる連成振動の影響によるものと考えることが可能である。

(2) 横揺れ、偏揺れについて、

横揺れについては、文献⑤の Fig. 2 における  $Z, X$  の両軸を考え、Fig. 18 と同じような考察ができ、また偏揺れについては、 $X, Y$  の両軸について同様の考察ができる。したがって、ここではそれらから考察できることのみを記述するにとどめる。すなわち、横揺れは  $g_H, g_V$  への影響が考えられ、また偏揺れは  $g_H$  への影響を容易に考えることができる。No. 1, No. 2, No. 3 の結果においてみられる  $g_H, g_V$  の値の変化は、左右動に対する横揺れ (回転振動) の連成振動による影響として説明できるものとする。

#### 1・4・3 路面判定との関係

すでに述べたように、上下振動は一般に上下動とピッチングの連成振動として考えられ、したがって、上下振動は重心を離れるほどピッチングの影響により大きくなる。この上下振動は、路面の凸凹

ととくに密接な関係をもっていることが考えられ、車両振動による路面判定のためには、できるだけ上下動のみによる振動を基にすることが（ピッチングの要素が入ってこない場合が）もっとも適切である<sup>9)</sup>と考える。こうした条件を満足する位置は、もちろん重心位置である。しかるに、測定車両の重心での測定は、実際にはきわめて困難であり、筆者は、実用的立場から車両の荷台上での測定を考えることにしたが、本章での研究は、その意味において、その荷台上でのもっとも適切な測定位置を追究する（重心にもっとも近い位置）のが主要目的であった。荷台上の測定位置に対する考察の結果は、No. 1 がもっとも振動加速度の小さくなる位置（重心位置に近いもの<sup>10)</sup>と考える）、換言すれば、ピッチングの影響のもっとも少ない点であることを示している。これを基にして、筆者は、路面判定のための適切な測定位置を No. 1 の点とし、この位置を測定の基準位置と考える。

## 2 車両の走行速度と振動加速度との関係

### 2・1 はじめに

走行速度の大小は、車両振動と密接な関係を有するものと考えられる。本章は、測定車両の走行速度を変数とし、そのさい車両に生ずる振動加速度の変化を、実験を基にして考察したもので、走行速度を 20km, 30km, 40km, 50km/h の 4 段階に分けて検討したものである<sup>11)</sup>。本章で、考察・論議を行う主な内容は、

- (1) 走行速度の増大で、車両に生ずる左右、上下の振動速度値がどのように変化するか、
  - (2) 路面判定のためには、測定走行速度をどうすべきか、
- などを中心としている。

### 2・2 測定方法と条件

#### 2・2・1 測定路線の選定および測定車両

測定路線の選定はつぎのことを条件とした。すなわち、

- 1) 測定すべき路線はできるだけ直線路線であること、
- 2) 路線が平坦路であること（勾配のない路線）
- 3) 路面上にいろいろな障害物、たとえば測定車以外の車両・歩行者などが測定中に不意に飛出してこないこと、などである。その理由は、これらの条件なしでは、走行速度を測定中一定に保つことがしばしば困難となり、研究目的を達成できなくなるからである。測定路線 *D* 林道は、Fig. 13 で示したように北海道大雪営林署に所属するもので、上の条件をよく備えており、研究上適切なものであった。Fig. 19 は *D* の外観を示すが、その概略はつぎのようである。

*D* の距離：約 1.0km

平均勾配：平坦道路（勾配は零）

路面：砂利道、日本の林道の中で最上等部に属する。

また、測定車両  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  の 3 台は、北海道大雪営林署および士別軌道 KK に所属するもので、これらについ



図. 19 測定路線、大雪営林署ルベシナイ林道

Fig. 19 Test road, *D*, Rubeshinai forest road occupies a good place among a number of forest roads in Japan.



ては文献<sup>15)</sup>(5)の Table 7 で詳述した。

### 2・2・2 走行速度の条件

本章では、走行速度をつぎの4段階に分け検討を加えることとした。すなわち、平均走行速度を20, 30, 40, 50km/h としたことである。したがって、振動加速度の変化と走行速度との関係は、上の4水準を基礎として追究した。ところで、林道においては、実際には瞬間的に高速度を出すことが可能であっても、ある一定の区間を平均して高速度で走行することは困難であり、たとえば、上の4段階の速度の中で50km/hとなると、路面条件が相当よくなければ困難である。ここに50km/h以上についての考察がないのも、こういう理由によるものである。

### 2・2・3 その他の条件

その他の測定条件は走行速度を除けば、測定中一定に保つことを原則としている。すなわち、つぎの通りである。

- (1) 測定位置: No. 1
- (2) 空車走行
- (3) タイヤ圧一定

### 2・3 測定結果

測定の結果、走行速度に対する振動加速度の変化は Table 14 に示す通りである。また、Table 14 を基にして、走行速度と振動加速度との関係は Figs. 20~22 で示される。

### 2・4 結果の考察・論議

#### 2・4・1 結果の概要

Table 14, Figs. 20~22 を基にしてつぎのことが得られる。すなわち、

表一14 車両の走行速度と振動加速度との関係

Table 14. The relation between the speed and the vibro-acceleration

測定車両 Symbol of Motor-truck	車両種 Type of Motor-truck	使用年数 Service Years before Test	計器の位置 Position of Vibrograph	走行速度 Driven Speed (km/h)	振 動 加 速 度 Vibro-acceleration	
					左右方向 Horizontal Component (g)	上下方向 Vertical Component (g)
T <sub>3</sub>	Hino 57	5	No. 1	20	$g_H = 0.26 \pm 0.02$	$g_V = 0.37 \pm 0.02$
				30	$0.37 \pm 0.02$	$0.39 \pm 0.04$
				42	$0.41 \pm 0.02$	$0.43 \pm 0.02$
				50	$0.48 \pm 0.04$	$0.46 \pm 0.03$
T <sub>4</sub>	Isuzu 56	6	No. 1	21	$g_H = 0.27 \pm 0.02$	$g_V = 0.34 \pm 0.03$
				30	$0.37 \pm 0.02$	$0.42 \pm 0.03$
				38	$0.47 \pm 0.03$	$0.49 \pm 0.04$
				48	$0.57 \pm 0.04$	$0.55 \pm 0.05$
T <sub>5</sub>	Isuzu 60	1.3	No. 1	20	$g_H = 0.27 \pm 0.03$	$g_V = 0.37 \pm 0.04$
				30	$0.40 \pm 0.02$	$0.40 \pm 0.02$
				39	$0.51 \pm 0.03$	$0.43 \pm 0.03$
				50	$0.56 \pm 0.06$	$0.46 \pm 0.04$

註：測定中の走行速度については計器に電接時計を接続し、繰返し測定をすることにより、できるだけ一定に保つようにした。上表中の値は平均走行速度を示す

Notation: The speed is in agreement with an average speed. However, I was especially careful of the matter that during tests the speed was kept constantly by the repeated tests and with the help of an electric timer combined with the vibrograph.



Fig. 20

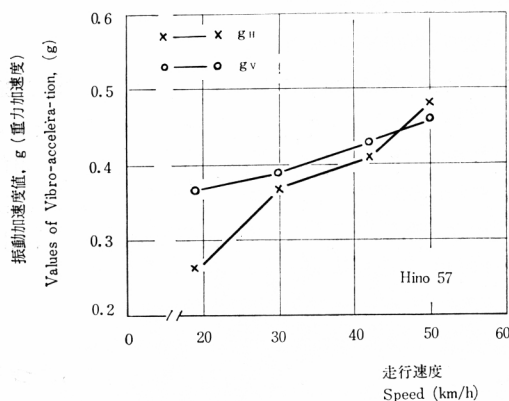


Fig. 21

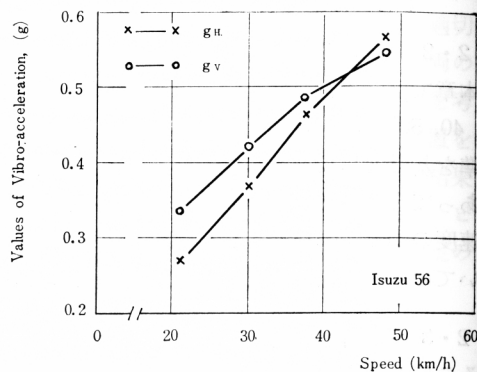


Fig. 22

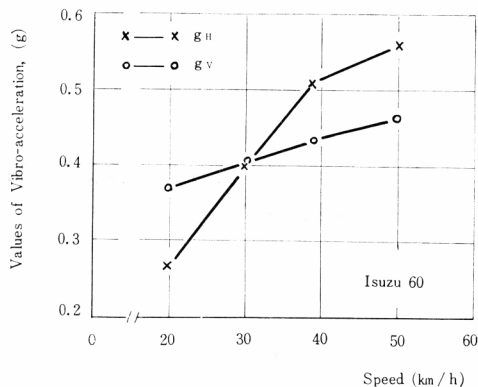


図. 20 走行速度の変化と振動加速度との関係  
Fig. 20 The variation of vibro-acceleration against that of the speed is shown in this graph, Rubeshinai forest road

Fig. 21 Do., Isuzu 56. (Rubeshinai forest road)

Fig. 22 At the lower speed, for example, in the range of 20~30km/h the value of  $g_H$ . However, over this range of the speed we can see that the increase of  $g_H$  becomes more noticeable than that of  $g_V$ .

- (1) いくつかの車両が同一の測定路面を走行するときに、車両の種類にかかわらず、走行車両に生ずる振動加速度は走行速度の増加と共に大きくなる。
- (2) 走行速度が低い間、たとえば、20~30km/h では、上下の振動加速度  $g_V$  が左右の振動加速度  $g_H$  よりも大きい。すなわち、 $g_V > g_H$  の関係を示す。しかし、それより高速度になると、たとえば、30 km/h 以上になると、 $g_H$  の増加は  $g_V$  の増加率より大きくなり、次第に  $g_H > g_V$  の関係を現わす。
- (3) 測定車両3台についての振動加速度の変化に対するグラフは Figs. 20~22 に示されるが、これから、車両  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  の振動加速度はそれぞれ相異なることがわかる。これについての考察は6章で取扱う。

## 2・4・2 路面判定との関係

走行速度の増大による振動加速度の変化は、測定結果によると、走行速度の低い間 ( $V < 30\text{km/h}$ ) は  $g_V$  が  $g_H$  よりも大きい値を示し、走行速度が高くなると次第に  $g_H$  の相対的増加量が大きくなることわかった。このことは、概してつぎのように考えうるであろう。すなわち、走行速度の低い間は、車両の車輪  $W$  のとる軌跡はデコボコに沿った動きにほぼ一致するものと考えられ、デコボコ面での振動は、車両走行にさいして、水平方向の振動よりも上下方向の振動に密接な関係をもち、かつその振動は、路面のデコボコに、より忠実であるものと考えられる。したがって、走行速度の低い間は、 $g_V > g_H$  となる関係を容易に理解することができる。また走行速度が次第に高くなると、車輪  $W$  はデコボコ面でバウンスすることが考えられ、したがって、 $W$  の軌跡はデコボコ面に次第に忠

実でなくなるものと考えうる。その場合の  $g_H > g_V$  の関係は、車輪  $W$  のバウンスに基<sup>11)</sup>因するものと考えられるが、これについての考察は、本章では省略する。路面の良否判定のためには、勿論デコボコとの関係を有効に反映できるものであることが望ましい。そのためには、走行速度は高いよりも低い方がより適当であるといえよう。実際には、測定上の能率、その効果を考慮すると、Figs. 20～22 の  $g_H = g_V$  となる走行速度より低い場合を基準にすればよいであろう。その意味で、筆者は、林道での測定にさいし、走行速度を 20km/h（林道ではもっとも一般的な平均時速）とすることを推奨する。

### 3 積荷量と振動加速度との関係

#### 3・1 はじめに

車両の振動は、車両自身に荷重のある場合と、ない場合で相当相違するものと考えられる。本章は、車両に対する木材の積荷量を実際に変化させ、その場合の振動加速度の変化を実験・考察したものである。考察・論議の主なる内容は、(1)、木材積載量の増減で、左右・上下の振動加速度値がどう変化するかということ、(2)、路面判定のために、積載車両による測定が適当かどうかということ、および測定上、積載荷重条件をいかに考えるべきか、などであり、これらを内容として検討を加えた。

#### 3・2 測定の方法・条件

##### 3・2・1 測定路線および測定車両

測定路線は、1・2 の Fig. 13 に示した  $F$  の林道であり、研究目的を考慮して、現地林道を踏査の上選定したものである。その概略は、

- (1) 測定距離：0.85km
- (2) 平均勾配：3.3%
- (3) 場所：北海道大雪営林署
- (4) 路面：砂礫なく良道

である。また、測定車両は文献(5)の Table 7 で示した  $T_3$ ,  $T_5$  の車両である。

##### 3・2・2 積荷条件と積荷方法

車両への木材の積込量、および振動測定はつぎの方法で行った。すなわち、積荷量は (Table 15 に見られるように) 車両の最大積込量を全量として、大体これを 3 つの量に分け、3 水準の積荷を行った。具体的には Table 15 に見られる通りである。したがって、積込は 3 段階であり、各段階毎に振動測定を繰返し行った。満載量の車両と、そのさいの測定計器の図を Fig. 23 に示す。なお、木材の量は  $m^3$  単位で表わす。

##### 3・2・3 その他の条件

- (1) 計器は前章と同じものであり、No. 1 の点に固定した。
- (2) タイヤ圧は測定中一定 (文献(5)の Table 7 参照)
- (3) 走行速度は一定とし、20km/h である。

#### 3・3 測定結果

路線  $F$  についての測定結果は、路線の上り方向・下り方向に別け、Table 15 に示した。その結果



図. 23-1 木材を満載した測定車

Fig. 23-1 Test motor-truck on which a full amount of the carrying timber was loaded

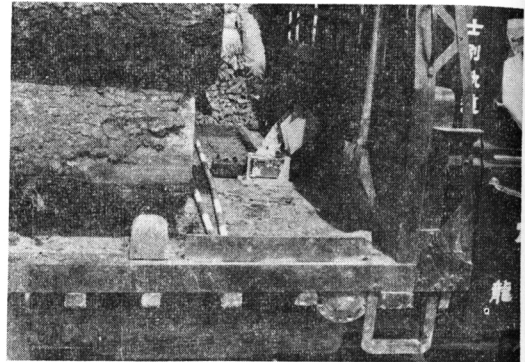


図. 23-2 木材を満載したときの、測定車への計器の固定（中央）

Fig. 23-2 This figure shows the position of a vibrograph when the carrying timber was loaded on the deck of the testing motor-truck.

から、Figs. 24, 25 のグラフが得られる。

### 3・4 結果の考察・論議

#### 3・4・1 結果の概要

車両への積荷量の変化と振動加速度との関係は Figs. 24, 25 に示されるが、これらからつぎのことが得られる。すなわち、

(1) 左右、上下2方向の振動加速度の値は、積荷量の増加とともに減少する。この現象は、京大芦生

表-15 積荷量の変化と振動加速度との関係

Table 15. The relation between amounts of loaded timber and vibro-acceleration

進行方向 Direction	測定車両 Symbol	車両種 Type	使用年数 Service Years before Test	走行速度 Driven speed (km/h)	木材の量 Amounts of Timber (m <sup>3</sup> )	振 動 加 速 度 Vibro-acceleration	
						左右方向 Horizontal Component (g)	上下方向 Vertical Component (g)
Uphill Driving (上山)	T <sub>3</sub>	Hino 57	5	20	0	$g_H = 0.18 \pm 0.01$	$g_V = 0.24 \pm 0.02$
				20	3.3	$0.13 \pm 0.02$	$0.19 \pm 0.02$
				19	6.9	$0.11 \pm 0.02$	$0.17 \pm 0.03$
	T <sub>5</sub>	Isuzu 60	1.3	19	0	$g_H = 0.21 \pm 0.03$	$g_V = 0.21 \pm 0.04$
				20	3.9	$0.11 \pm 0.01$	$0.15 \pm 0.03$
				20	8.3	$0.10 \pm 0.01$	$0.16 \pm 0.02$
Downhill Driving (下山)	T <sub>3</sub>	Hino 57	5	20	0	$g_H = 0.18 \pm 0.02$	$g_V = 0.22 \pm 0.02$
				19	3.3	$0.11 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.02$
				20	6.9	$0.10 \pm 0.01$	$0.15 \pm 0.02$
				20	11.5	$0.10 \pm 0.01$	$0.15 \pm 0.02$
	T <sub>5</sub>	Isuzu 60	1.3	20	0	$g_H = 0.20 \pm 0.02$	$g_V = 0.20 \pm 0.02$
				20	3.9	$0.11 \pm 0.01$	$0.16 \pm 0.02$
				20	8.3	$0.09 \pm 0.01$	$0.16 \pm 0.02$
				20	11.8	$0.10 \pm 0.02$	$0.14 \pm 0.02$

演習林での測定結果における傾向とも一致する。<sup>7)</sup>

(2) 上の場合, 上下方向の振動加速度 ( $g_v$ ) は左右方向のそれ ( $g_H$ ) より大きい。

(3) この関係は, 路線の上り方向, 下り方向の場合でも傾向として同じである。

### 3・4・2 積荷車両と空荷車両との関係

上の結果から, 振動加速度値は, 車両に対する積載量の増大 ( $m$  の増大) と共に減少するという

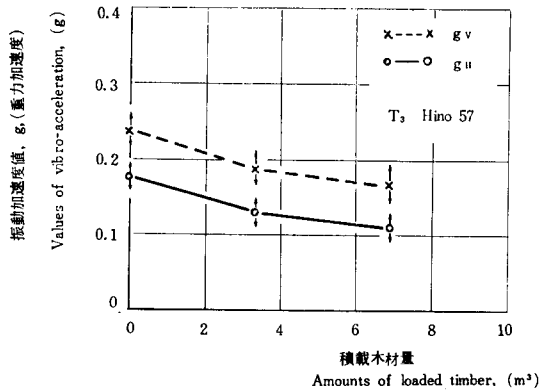


図. 24—1 積載木材量の変化と振動加速度との関係 (上山方向)

Fig. 24-1 The relation between amounts of loaded timber and the vibro-acceleration (uphill driving, Nutakuyanbe forest road) Hino 57

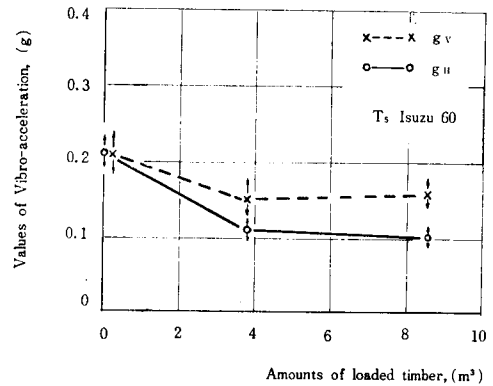


Fig. 24-2 Do., (uphill driving, Nutakuyanbe forest road) Isuzu 60

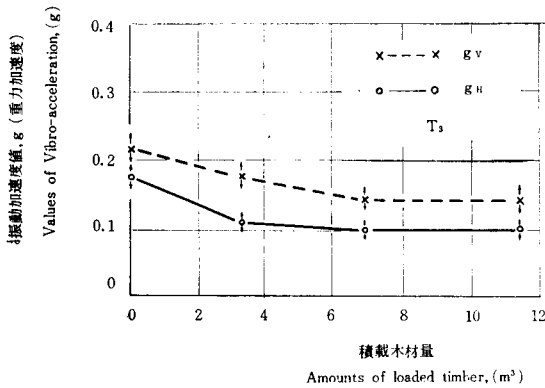


図. 25—1 木材の積荷量と振動加速度との関係 (下山方向)

Fig. 25-1 The relation between amounts of loaded timber and the vibro-acceleration is shown in this graph, (downhill driving, Nutakuyanbe forest road)

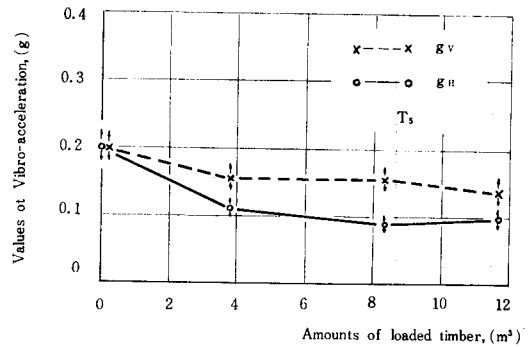


Fig. 25-2 Do., (downhill driving, Nutakuyanbe forest road)

事実を知ることができた。したがって, もしわれわれが振動加速度の減少を目的とするなら, 積載量を増すことにより, その目的は達成されるわけである。しかし, かかる振動加速度の減少は, 別の意味で, 車両自体に対する衝撃荷重そのものの減少と同一視して考えることはできない。筆者は, この

理由についてつぎのように考察する。

(1) 車両がデコボコ道路を走行する際、ある瞬間において、走行車両に生ずる振動加速度が  $\alpha \cdot g$  であったと仮定すると、そのときの車両の全荷重は、文献<sup>15)</sup>(2)式の(2)式より次式で表わされる。

$$W = W_1 + W_2 = (M + m)(1 + \alpha) \cdot g$$

ここに、

$W$ : 全荷重	a total load of the motor-truck
$W_1$ : 車両の静止荷重	a static load of the motor-truck
$W_2$ : 車両の衝撃荷重	an impact load of the motor-truck
$M$ : 車両質量	mass of the motor-truck
$m$ : 積荷(木材)の質量	mass of loaded timber
$\alpha$ : 振動加速度の係数	a coefficient of acceleration
$g$ : 重力加速度	acceleration of gravity (980cm/sec <sup>2</sup> )

上式の中で、 $(M + m)\alpha \cdot g$  は、走行中の車両の衝撃荷重に等しく  $W_2$  である。したがって、 $\alpha$  の値が  $m$  の増加と共に減少するとしても、そのさい  $W_2$  の値も必ずしも同様に減少すると考えることはできない。

(2) さらに、その理由は、Table 16 に示される  $W_2$  の実験値による計算によって明らかにされる。すなわち、Table 15 の実験式から、 $g_r$  について与えられる(描きうる)カーブが、いま  $m$  に対して直線的に減少するものとして、そのさいとりうる最大勾配の  $g_r$  の値(信頼範囲巾を考慮するもの)により衝撃荷重を計算すると、Table 16 が得られる。この計算値から、 $\alpha$  の値は  $m$  の増大(積荷の増大)と共に減少するけれども、 $W_2$  の値は逆に増加していく事実を知ることができる。実際に、

表—16 上下方向の衝撃荷重についての計算

Table 16. The calculation of the impact load of the vertical direction

測定車両 Symbol of Motor-truck	車両の質量 Mass of Motor-truck $M$	積載木材の質量 Mass of Loaded Timber $m$	$M + m$	振動加速度の係数 Coefficient of Vibro-acceleration $\alpha$	衝撃荷重 Impact Load $(M + m)\alpha \cdot g$
$T_3$	$\times 10^3$ 6,070	$\times 10^3$ 0	$\times 10^3$ 6,070	0.24	1,456kg
		2,640	8,710	0.21	1,829
		5,520	11,590	0.17	1,970
		9,200	15,270	0.13	1,985
$T_5$	4,780	0	4,780	0.22	1,051kg
		3,120	7,900	0.19	1,501
		6,640	11,420	0.15	1,713
		9,440	14,220	0.12	1,706

註: (1) 表の  $\alpha$  の値は、Fig. 25 において、 $m$  に対する  $\alpha$  の変化が一応直線的に変化するものと仮定し、その場合  $g_r$  のとりうる最大勾配の直線をもとにして、求めたものである。

(2) また積載木材の質量  $m$  の値は、木材の比重を0.8として計算した。

(3)  $m=0$  となるときは、測定車両が空車で走行する場合を示している。

Notation:

(1) The values of  $\alpha$  in Table 16 are obtained from the greatest slope of  $g_r$  given under the assumption that the graph of  $\alpha$  against  $m$  in Fig. 25 will become a straight line.

(2) The values of  $m$  are calculated by the assumption that the specific gravity of the loaded timber is 0.8.

(3) When  $m=0$ , it presents that the loading deck of the running motor-truck is empty.

われわれが、空車走行の場合よりも積荷された車両による走行の方が乗心地がよいという風に考えるのは、 $\alpha \cdot g$  の値そのものの減少によるのだと考えてよいであろう。以上のように、空車走行と積荷走行では、 $\alpha \cdot g$  の値に上記のような増減関係が見られることが指摘され、同時にこの事実は、 $\alpha_H$   $\alpha_V$  の測定にさいして、積荷条件（一定を前提とする）を無視できないことを示すものである。

### 3・4・3 路面判定法との関係

積荷された車両で振動加速度を測定する場合、積荷量が多くなるほど、振動加速度値が小さくなることがわかった。この事実から、路面判定に関してつぎの2つのことが考察される。

- (1) 振動計によって記録される振巾は、積荷車両が空荷車両の場合よりもずっと小さくなる。したがって積荷車両での測定を考える場合、よりよい測定効果を挙げようとするならば、空車の場合よりも高感度の計器を使用することが望まれる。なんとなれば、もしそうでなければ、振巾の解析の結果が（振巾が小さいので）精度を落すことになるためである。以上のことから、路面判定のための振動加速度の測定は、積荷された車両の場合でも、比較的高感度の計器を使用することにより可能でないことはない。しかし、これには計器の固定位置として、たとえば No. 1 の点が得られるという条件の場合であって、測定中に積載される木材や、その量などで計器が移動させられることがあってはならない。
  - (2) つぎに、測定車両への積載量の多少は、 $\alpha_H \cdot g$ 、 $\alpha_V \cdot g$  の値に大いに関係する。したがって、振動加速度の測定上、積荷条件に対し、一定の基準を与えておくことが重要となる。（条件の一定）
- 筆者は、以上の点を考慮し、測定の便宜上からも、路面判定のためには空荷車両での測定がより有利であると考ええる。

## 4 車両のタイヤ圧と振動加速度との関係

### 4・1 はじめに

一般に、車両のタイヤ圧の大小は車両振動に密接な関係をもっているとされている。これは、タイヤ圧が一種の空気バネとしての役割を果たすためであると考えられる。このような理由から、測定条件としてのタイヤ圧の影響は無視することはできない。その意味で、本章では車両タイヤ圧をとりあげ、タイヤ圧の変化と、そのさい車両に生ずる振動加速度との関係を追究し、両者の間に後述の結果を得ることができた。以下これについて述べる。

### 4・2 測定方法および条件について

#### 4・2・1 測定路線と測定車両

路線に対する選定の基準は、1) できるだけ平坦で直線コースの林道であること、2) タイヤ圧効果を十分出せるような林道であること（たとえば、タイヤ圧が十分大きいとき、舗装路面のように良路面の場合はその効果がつかみにくい）を主とし、尾鷲営林署所属の大台林道から予備踏査の上、下記の内容の林道を選定した。その概要は、Fig. 26 およびつぎの a)～c) に示す通りである。

- a) 測定区間、距離：約1.0km

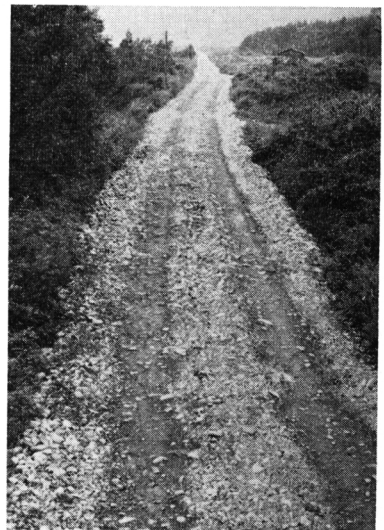


図. 26 測定路線、大台林道（尾鷲）  
Fig. 26 Test road selected for determining the effect of tire-pressure on the vibro-acceleration, ōdai forest road

b) 路線種：平坦，ほぼ直線道路

c) 路面状態：大きい玉石敷林道

なお，玉石敷林道を選んだのは上の選定理由によるものである。また，測定車両は大型トラック 2 台 ( $T_8$ ,  $T_9$ )，小型 4 輪車 1 台 ( $T_{10}$ ) の計 3 台で，それらの概要は文献<sup>15)</sup>の Table 7 に示した通りである。

#### 4・2・2 車両タイヤ圧について

タイヤ圧はつぎの要領で変化させ，その際の車両に生ずる振動加速度を測定した。すなわち，車両タイヤ圧は通常作業時のタイヤ圧を標準とし，大型トラックについては，前輪（2 本），後輪（4 本）のタイヤ圧は，タイヤ圧ゲージによりそれぞれ一定の圧力 (Pounds/inch<sup>2</sup>) に揃え (Table 17 参照)，

表—17 測定車両のタイヤ圧の変化  
Table 17. Shows the tire-pressure used for this test

測定車両 Symbol	測定順序 Measuring order	タイヤ圧 Tire-pressure (Pounds/inch <sup>2</sup> )		
		前 輪 Front	後 輪 Rear	
			Inside	Outside
$T_8$	1	65	80	80
	2	65	50	50
	3	65	20	20
$T_9$	1	65	90	90
	2	65	50	50
	3	65	20	20
$T_{10}$	1	30	70	
	2	30	50	
	3	30	30	

註：測定順序 No. 1 のときのタイヤ圧は，通常作業時における数値である。

Notation: measuring order No. 1 shows the ordinary tire-pressure of test motor-truck.

#### 4・3 測定結果

上にのべた 3 水準の車両タイヤ圧に対する振動加速度の測定結果は，Table 18 に示す通りであり，この Table 18 を基にして Figs. 27～29 がえられる。

#### 4・4 結果の考察・論議

##### 4・4・1 結果の概要

Table 18, Figs. 27～29 を基にして，その結果からつぎのことが得られる。すなわち，

- (1) 車両に生ずる上下・左右の振動加速度は，タイヤ圧の増加と共に次第に増大していく。また，その増加の傾向は，信頼限界の巾を考えると，ほとんど直線的に変化することがわかる。
- (2) またその場合，上下の振動加速度 ( $g_v$ ) は左右のそれ ( $g_n$ ) より常に大きい。
- (3) 上の関係は，測定した 3 台の車両について同じことがいえる。しかし，その加速度の絶対値は，大型トラック ( $T_8$ ,  $T_9$ ) と小型 4 輪車 ( $T_{10}$ ) とでは相当異なり， $T_{10}$  車両は， $T_8$ ,  $T_9$  に比しかなり大きい値をとっている。(Table 18)

後輪（4 本）タイヤ圧を Table 17 のように 3 段階に変化させることにした。この場合，前輪タイヤ圧は変えない。なお，タイヤ圧の 3 段階の変化には，各段階の測定が終わるごとに空気圧を減少させる方法をとった。また，その際の圧力は，常にタイヤ圧ゲージで確認した。

##### 4・2・3 その他の測定条件

車両タイヤ圧を除けば，その他の測定条件は一定で，つぎの通りである。

- 1) 走行速度 20km/h
- 2) 積荷なし
- 3) 測定位置 No. 1

表一八 車両タイヤ圧の変化と振動加速度値との関係

Table 18. The relation between the tire-pressure and the vibro-acceleration

車 両 Symbol	後輪タイヤ圧 Rear Tire- Pressure (Pounds/inch <sup>2</sup> )	振動加速度 Vibro-acceleration	
		左右方向 Horizontal Component (g)	上下方向 Vertical Component (g)
T <sub>8</sub>	20	$g_H = 0.47 \pm 0.02$	$g_V = 0.62 \pm 0.05$
	50	$0.56 \pm 0.03$	$0.69 \pm 0.05$
	80	$0.62 \pm 0.05$	$0.72 \pm 0.08$
T <sub>9</sub>	20	$g_H = 0.46 \pm 0.02$	$g_V = 0.57 \pm 0.06$
	50	$0.51 \pm 0.05$	$0.63 \pm 0.04$
	90	$0.62 \pm 0.03$	$0.70 \pm 0.04$
T <sub>10</sub>	30	$g_H = 0.78 \pm 0.04$	$g_V = 0.92 \pm 0.04$
	50	$0.94 \pm 0.04$	$1.07 \pm 0.05$
	70	$1.15 \pm 0.05$	$1.22 \pm 0.05$

Fig. 27

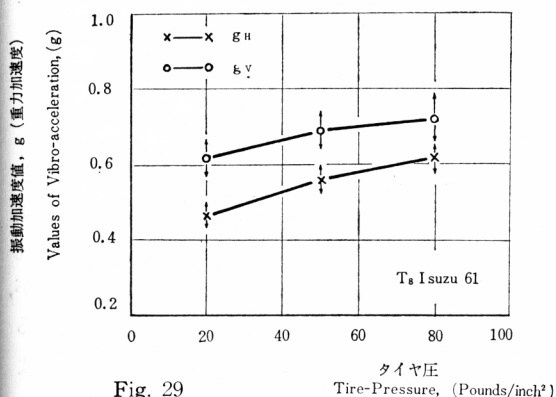


Fig. 28

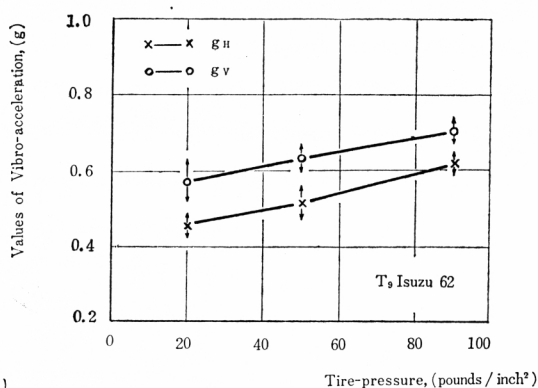


Fig. 29

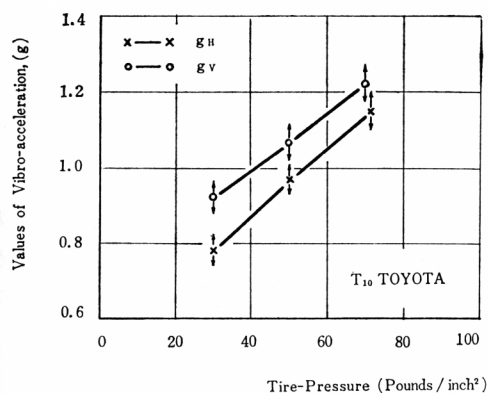


図. 27 車両タイヤ圧の変化と振動加速度との関係 (大台林道)

Fig. 27 The relation between the tire-pressure and the vibro-acceleration, Odai forest road

Fig. 28 Do. If we consider the interval of confidence limits calculated for values of vibro-acceleration, it is seen that the variations of  $g_H$  and  $g_V$  are nearly linear against the tire-pressure.

Fig. 29 Do. Referring to these graphs, it is observed that the tire-pressure affects the value of vibro-acceleration.

## 4・4・2 論議

## (1) 前輪タイヤ圧の固定理由

タイヤ圧の効果について、上記のような結果が得られたが、この試験にあたり、後輪タイヤ圧の変化に対して前輪タイヤ圧を固定した理由はつぎの事情による。すなわち、

1) 前輪と後輪では、標準時タイヤ圧には相当の差があること、(文献(15)の Table 7 参照、後輪タ



イヤ圧は前輪のそれより2倍程度大きい。) したがって、前・後輪とも、同量だけ圧力を減少、あるいは増大することはできない。

2) むしろ、前・後輪いずれかを一定にすることにより、タイヤ圧効果は求めやすい。

3) 前輪のタイヤ圧を極度に減少させることにより、走行速度の条件が乱れやすい。

4) いま一つは、車両所有者側の要望で、全輪タイヤ圧を極度に減少させることに難色があった。などの理由によるものである。

## (2) 結果の考察

1) 結果に現われたように、タイヤ圧の増加は振動加速度の増加を導くものであり、同時に、このことは車両への衝撃荷重の増大をも意味するものと考えられる。

2) 前章で考察したように、積荷量の増大により振動加速度の減少がみられたことは、車輪タイヤ圧の減少の効果と相通じるものがあると考えられる。すなわち、車両に対しては、積荷量を増加していくことにより車両タイヤは次第に変形し、車体はそれだけ沈むことになる。しかるに、タイヤ圧の減少もまたタイヤの変形を生みやすく、これらはともに、空気バネとして良好な働きをするものと考えられる。

3) タイヤ圧の効果は、前輪タイヤ圧の増加、あるいは減少を考慮しても、同じような結果を期待できるものと考えられる。

なお、車種の相違による ( $T_8$ ,  $T_9$ ,  $T_{10}$ ) 振動加速度値の相違についての考察は、6章で取扱う。

## (3) 路面判定との関係

振動加速度に対するタイヤ圧の効果はすでに述べたが、 $g_R$ ,  $g_V$  の値はタイヤ圧の増減にほとんど比例して増減するため、路面の良否判定を目的とする車両振動の測定には、タイヤ圧を一定にして測定することがきわめて重要である。この実験により、タイヤ圧の影響を無視できないことが証明されたわけである。また、タイヤ圧の大きさの問題については、測定計器の測定範囲の大きさにもよるが、本計器 ( $M_1$ ) では、前・後輪ともその車両の作業標準時のタイヤ圧で、左右を同圧力に保ち測定する方が好ましい。こうした測定は、すべて現地で得やすい条件に標準を合わせるように考えることがよい。

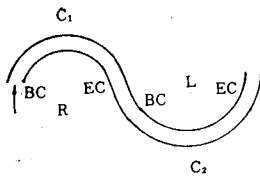
# 5 路線のカーブと車両の振動加速度

## 5・1 はじめに

車両がカーブ区間を走行する場合、車両に働く遠心力のために、左右方向の振動加速度の増加が考えられる。本章は、(1) カーブ区間で、とくに小回りのカーブにおいて、車両に生ずる振動加速度がいかに現われ、カーブの大きさとの関係をもっているか、(2) 路面の良否判定にさいし、カーブ路線をいかに取扱うべきか、ということを中心に検討し、考察を加えたものである。

## 5・2 カーブ路線での測定方法

計器、および測定条件は1・2と同じである。カーブ路線については、測定の都合上、つぎのように決めておく。すなわち、Fig. 30 のようなカーブ路線について、進行方向に右回りのものを  $R$ 、左回りのものを  $L$  とする。したがって Fig. 30 では、 $C_1$  のカーブは  $R$ 、 $C_2$  は  $L$  となる。つぎに、カーブの始点を  $BC$ 、終点を  $EC$ 、またカーブの中央を  $MC$  とする。路線のカーブが走行車両の振動加速度といかなる関係をもっているかを知るために、測定上、つぎの2つの方法を考え得る。



Symbols mean:  
 $C_1, C_2$ : カーブ路線  
 curved road  
 $C_1$ : 右回りのカーブ  
 a curve of right turning  
 direction  
 $C_2$ : 左回りのカーブ  
 a curve of left turning  
 direction  
 矢線: 車両の進行方向  
 Arrow line shows the  
 moving direction of test  
 motor-truck

図. 30 カーブ路線

Fig. 30 A Sketch of curved Road

ら EC までの左右・上下の振動加速度を測定する。

以上の2つの方法のうち、前者はカーブ区間の取出し、照合等に不便があるため、ここでは後者の方法によることとした。

### 5・3 測定カーブの選定

測定カーブについては、林道によらず、アスファルト舗装道から選ぶことにしたが、その主たる理由は、(1)舗装道路では、路面状態についてある程度（林道に比して）一様性が期待され、カーブの効

(1) 計器に電源を入れたままで、カーブを含む路線全体を連続測定する。この場合は、 $C_1, C_2, C_3$  等の個々のカーブに留意しない。したがって、この場合、測定が終ってから、記録紙上の振動波形から、カーブ区間だけを取出すことになる。

(2) カーブ区間だけを測定する。この場合、車両が進行方向に向かって  $C_1$  のカーブに差しかかり、BC に達したとき計器のスイッチを入れ、EC で切る。この方法により、BC か

表—19 カーブの曲率半径と車両の振動加速度との関係

Table 19. The relation between the radius of curvature and the vibro-acceleration

カーブ 路線 Curve	カーブ の長さ Curve Length CL (m)	曲率半径 Radius of Curvature r (m)	回転方向 Turning Direction	交 角 Intersection Angle $IA$	左右方向最大 振動加速度値 Maximum Vibro-acceleration in Horizontal Direction $G_H$ (g)	上下方向最大 振動加速度値 Maximum Vibro-acceleration in Vertical Direction $g_V$ (g)
$C_1$	20.48	13	R	$90.^\circ 15'$	0.22	0.18
$C_2$	29.12	20	L	$83.^\circ 25'$	0.17	0.21
$C_3$	15.04	20	L	$43.^\circ 06'$	0.20	0.22
$C_4$	20.50	22	L	$53.^\circ 38'$	0.17	0.20
$C_5$	25.25	24	R	$60.^\circ 00'$	0.18	0.16
$C_6$	33.86	28	R	$61.^\circ 18'$	0.18	0.22
$C_7$	16.19	30	L	$30.^\circ 55'$	0.16	0.17
$C_8$	31.90	40	L	$45.^\circ 43'$	0.12	0.18
$C_9$	28.40	40	L	$40.^\circ 45'$	0.11	0.18
$C_{10}$	51.84	50	L	$59.^\circ 24'$	0.12	0.17
$C_{11}$	31.76	50	R	$36.^\circ 23'$	0.11	0.17
$C_{12}$	45.22	60	R	$42.^\circ 28'$	0.11	0.14

註: (1) 測定場所は、2級国道京都小浜線、高雄～毘沙門橋

(2) 測定車両は  $T_2$ 、測定計器は  $M_2$  を使用（文献(15)参照）

(3) L, R は Fig. 30 の車両の進行に対する、車両の回転方向を示す。

Notation:

(1) Test place: from Takao to Bishamon-Bashi, Obama National Road Way, Kyoto.

(2) Test motor-truck was  $T_2$

(3) The used vibrograph was  $M_2$

(4) Turning directions, L and R, show a moving direction of the running motor-truck as seen in Fig. 30.

果を取出しやすいということ、(2)さらに小回りのカーブの場合、林道では、走行速度 (20km/h) の上で一般に危険性があり、また走行速度を落すと、下記の考察からもわかるように、カーブの効果をとらえにくい、などからであった。上の理由から、2級国道京都小浜線の適当な区間 (高雄～毘沙門橋) を対象とし、まず、平面設計図から、アスファルト舗装道路におけるカーブを詳しく調べ、さらに現地調査を行い、比較的曲率半径の小さいカーブを測定カーブとして選定した。本章で取扱うカーブは Table 19 に示す。

#### 5・4 測定結果および考察

各測定カーブの測定結果は Table 19 に示す通りである。

##### 5・4・1 結果の概要

カーブ路線を対象とする測定では、とくに下記に述べる左右方向の振動加速度に、つぎのことが確認された。すなわち、

- (1) Table 19 から、カーブの曲率半径が小さいとき、 $G_H$  (カーブに関して、とくにこの記号を用いる) は大きい値をとる。
- (2) 車両の左右方向加速度  $G_H$  は、車両の進行方向に対して右回りと左回りのカーブで、Fig. 32 の (a), (b) のごとく現われる。(記録紙上では方向が反対になっている。)
- (3) さらに、その振動加速度は、カーブ区間 (とくに曲率半径の小さいカーブでは) BC～EC において、中心線を基線としていずれか片側に現われ、加速度の方向は時間 ( $t$ ) の変化に対しつねに同一方向である。

などであるが、これについては、測定カーブに対し、記録紙から Fig. 31 を1例としてあげ、さらに  $G_H$  については、Fig. 32の(1), (2)でその傾向を示す。なお、Fig. 32の(1), (2)についての考察は5・4・2で行うが、この場合、 $G_H$  の大きさは、カーブの中央 MC においてほぼ最大値 ( $h_1, h_2$  の振幅

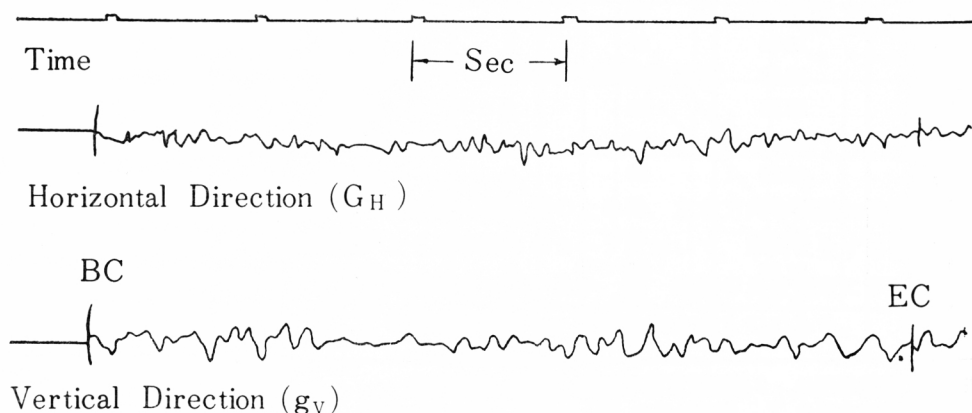


図. 31 測定車両が、路線のカーブ区間を走行したときの振動加速度の時間的変化を示す。使用した振動加速度計は  $M_2$  で、感度  $2\text{mm}/0.1g$  のものである (文献(15)) 測定時の平均走行速度は  $20\text{km/h}$ 、また振巾の大きさは原図のままである。

Fig. 31 These vibrating waves show the variations of vibro-acceleration in the case when the motor-truck passed a section of curved road. The used vibrograph was  $M_2$ , ( $2\text{mm}/0.1g$ ). The magnification, 1 to 1. Average speed was  $20\text{km/h}$ .

がそれ)をとることが見られ、この時の  $h_1$ ,  $h_2$  の読みは、車両がカーブを通過する際、車両に生ずる左右方向加速度の最大値  $G_H \max$  を示す。またこのとき、車両は左右方向に最大の外力を受ける。

#### 5・4・2 左右振動加速度への影響

Fig. 32 の(2)において見られるように、 $G_H$  は車両の回転方向によりその現われ方が異なるが、筆者はこれについてつぎのように考える。すなわち、車両がカーブ区間 BC~EC を通過するさいには、車両に遠心力が働き、これに基づく加速度が、丁度 Fig. 32 の(1)のごとくあらわれる。そして(2)においては、(現実には)さらにこの加速度の上に車両のビビリ振動加速度(これまで述べてきた  $g_H$ ) が加わっており、換言すれば、厳密には、

$$G_H = a + g_H \quad (12)$$

$a$ : 遠心力に基づく加速度: acceleration caused by centrifugal force

$g_H$ : 車両のビビリ振動加速度: vibro-acceleration caused by vibration in a horizontal direction

であると考えられる。したがって、 $G_H$  は左右方向の加速度の総計であり、また文献(8)の  $g_H$  とは、外力を表わす点で同じであるが、ここでは一応このように区別して理解しておく。ところで、この  $g_H$  の値は、 $a$  上に現われるために正確な読みがえられない(片側に移動した中心線を推定しにくい)ので、筆者は、カーブに対する左右方向加速度を Fig. 32 の  $h_1$ ,  $h_2$  の読み  $G_H \max$  で与えている。いま、こうしたカーブの  $G_H$  と、舗装道路  $P_1$  における  $g_H$  とを Table 20 で比較してみると、 $r$

表—20 直線舗装道路とカーブ路線での振動加速度値の比較

Table 20. The relation for the vibro-acceleration between the paved road and the curved road.

測定路線 Test Road	振 動 加 速 度 Vibro-acceleration	
	左右方向 Horizontal Component (g)	上下方向 Vertical Component (g)
$P_1$	$g_H = 0.12 \pm 0.02$	$g_V = 0.18 \pm 0.02$
$C_1$	$G_H = 0.22$	$= 0.18$
$C_2$	$= 0.20$	$= 0.22$
$C_4$	$= 0.17$	$= 0.20$

#### 5・4・3 上下方向の振動加速度

上下方向の振動加速度  $g_V$  の値は、カーブによってどういう影響を受けるか考察してみよう。 $g_V$  に

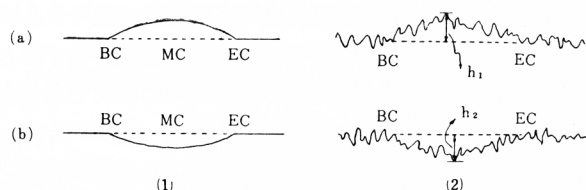


図. 32 左右方向の加速度は、カーブ区間で車両の回転方向により(a), (b)のようにことなる。(1)は遠心力の影響によるもの(2)は、遠心力および車両振動にもとづくものとの連成振動加速度の想定図その大きさは MC 点で最大となる ( $h_1$ ,  $h_2$ )。

Fig. 32 In order to illustrate  $G_H$  in Fig. 31, here is a good example as shown in Fig. 32. Fig. (1) shows the acceleration based on centrifugal force, and also Fig. 32 (2) the vibro-acceleration in horizontal direction caused by the centrifugal force and the vibration which occurs to the motor-truck while moving a section of curved road. Values of  $G_H$  become maximum at near MC.

が小さいカーブでは、 $G_H$  は  $g_H$  より大きいことがわかる。またこの場合、 $G_H - g_H$  の値の差は、 $a$  による増加分と考えることができよう。したがって、カーブの左右振動加速度に対する影響は、 $a$  の値いかににより大きくなり、 $r$  の大きさに関係することが知られる。(  $r$  の大きさについては後述) 以上により、一般に  $G_H$  は同じ舗装道路の直線区間の  $g_H$  より大きく、車両がカーブ区間を走行するときには、それだけ大きな外力を左右方向にうけると考えることができる。

については、Fig. 31に見られた  $G_H$  のそのように、車両の回転方向により中心線がいずれか片側にずれることはなく、また片方向のみの加速度が生ずるということも見られなかった。したがって、 $g_v$  は遠心力の影響をほとんど受けないものと考えられる。しかし、同一の舗装道路の  $g_v$  の値と比較してみると、Table 20 からわかるように、曲率半径の小さいカーブでは、 $P_1$  のそれよりもそれぞれいくらか大きくなっていることがわかる。この増加分は、カーブの影響によるものと考えてよいようである。

#### 5・4・4 路面の良否判定との関係

すでに考察してきたように、振動加速度値に対するカーブの影響は、左右方向の振動加速度に大きな意味をもっており、とくにカーブの曲率半径  $r$  が小さいほど、換言すれば、小回りのカーブほど、その影響の大きいことを Table 19 から知ることができる。事実、左右振動加速度の記録をみれば、たとえば  $r > 50$  のカーブでは、直線路線のそれとほとんど同一になる (Table 19 の値からもわかる)。したがって、測定上の走行速度を 20km/h とするとき、路面判定のために意味をもってくる  $r$  の大きさは、つぎのように考えられる。Table 19 を基にすると、 $r \leq 30$  において、はじめて遠心力に基づく  $a$  の効果が現われるものと解してよく、結局、測定路線中に  $r = 30$  以下のカーブを何個含むか、換言すれば、その個数が路面判定上大きな比重をもつことになる。これらカーブによる  $G_H$  の値は、当然測定によって現われてくるものであるが、カーブについては、 $r = 30$  以下のものを考慮することが重要である。(なお、カーブについては、計器  $M_1$  による測定結果の発表がある。)

### 6 その他の条件と振動加速度との関係

本章では、上記各章で述べえなかった事項に関し、振動加速度の測定にあたって一応考えておくべき条件をとりあげ、ここで一括して検討しておきたい。

#### 6・1 車両の種類との関係

上記各章で述べてきたように、振動加速度の値は、測定する車両種によって、同一の路面走行においても、その絶対量は一致しないことがわかった。(Tables 12~14) これら測定値の車両毎における相違の原因は、つぎのように考えてよいであろう。測定上の他の条件は一定であるから、車両種毎の相違は、車両構造上の相違、とくにバネ構造の相違 (文献(5) Table 7 参照) によるものと考えることができる。したがって、振動加速度の測定のためには、原則として、同一の車両 (理想的には一定構造の専用測定車) を用いることが重要であるといえる。しかしながら、このことは、測定車両の種類が変われば路面の良否の比較が不可能になるということではないので、筆者はこの点に関し、ここでつぎのことを述べておきたいと考える。すなわち、すでに文献(5)のなかで、この判定法の一般性につき論じたように、いま、測定したい2つの路線A、Bがあって、両者が地理的な関係等により、同じ車両、あるいは同種の車両で測定不可能な場合を考えてみることにする。この場合、路線A、Bの測定には、異なった2台の車両 ( $T_1 \neq T_2$ ) が使われることとなるから、それぞれの車両  $T_1$ 、 $T_2$  で得られた測定値によって、A、Bの路面を直接比較することはできない。そこでいま、測定車両に  $T_1$  によって、いろいろな路面形状、とくに路面上の穴の深さ ( $h$ ) と振動加速度との関係から、変数  $h$  に対する振動加速度のグラフを求め、測定車両  $T_2$  についても同様のグラフを求めておくことにより、これら2つのグラフを基にして、2路線 (A、B) における間接的な路面の比較が可能であると考えられる (文献(5)参照)。つぎに、測定車が同一タイプの車両でも、Tables 12~14に見られるように、振

動加速度値の増加が使用年数の長短に関係がある（古い車両の方が大きくなる）ということは、興味ある事実であるといえる。このこともまた、同一の車両が使用できない場合と同様、測定車両に関して、一応考慮しておくべき点であろうと考える。

## 6・2 路線の勾配との関係

林道には、一般に坂路が多く含まれるが、平坦路と坂路とでは路面形状について、筆者が調査したところによると、つぎの傾向がみられる。すなわち、

- (1) 平坦路では、路面上の車輪通過部分にデコボコがしやすい。
- (2) 坂路では、デコボコの出現はまれで、大体、平坂勾配3%以上となると、デコボコの代りに車輪通過部分が水路となりやすく、V字の形状をつくるようになる。

以上のことから、平坦路と坂路では、それが連続した道路であっても、路面形状が相違してくるので、勾配の効果を両者の比較から純粹に取出すことはできない。理論的には、車両が登坂する場合、車両の荷重分力の作用や、運転中のちょっとした制動等により車両の速度が変りやすく、前後方向における加速度が考えられる。筆者は、勾配の効果を調べるにあたって、林道よりも路面形状に一様性（平坦路、坂路において）が期待出来るアスファルト舗装道を対象とし、平坦路と坂路で測定を行った。その結果は Table 9 に示されているが、左右・上下の振動加速度値は、坂路においては、平坦路よりもいくらか大きくなると考えてよい。勾配の存在は路面形状を変えやすいが、その形状が車両振動に与える影響は、上下の振動加速度の測定でとらえることが出来るのである。

## 6・3 運転者との関係

振動加速度の測定で、運転者の技術の良否を一応問題にしておくべきである。ことに、未熟運転や不注意な運転は、測定効果を十分に期待出来ない。これらは、測定に際して充分考慮をはらうべき点であろう。しかし、実際上は、こうした危惧は、つぎの方法をとることによりほとんど解消出来るものとする。すなわち、

- (1) 運転者に測定の目的・方法を簡単に説明して、理解させておく。
- (2) 測定すべき路線の繰返し運転により、定常運転が出来るように、運転者に慣れさせる。
- (3) 不注意、むらな運転は避ける。
- (4) 普通程度以上の運転技能を有する者に担当させる。

一般に、現地測定においては、現地車両および、その車両専属の運転者が運転を担当することになるので、さらにこうした問題は解決されやすい。以上の事情から、運転者の条件は、測定に際しそれほど問題とはならない。

# 7 測定条件間の交互作用について

## 7・1 はじめに

測定条件の中で、振動加速度に対する大きな作用因子は、走行速度、タイヤ圧、測定位置さらに積荷量を考えてよいであろう。本章では、走行速度、タイヤ圧、測定位置の作用因子をとりあげ、作用因子間の交互作用の検討を行う。なお、積荷量条件を外しているのは、つぎの理由によっている。積荷があるときは、実際の測定上きわめて大きな制約をうける。例えば、積荷量の変化と同時にタイヤ圧の変化を考えることは、実際上困難である、等の理由によるものである。

## 7・2 測定方法・条件

## 7・2・1 測定路線・測定車両について

測定路線については、車両の走行速度に対する要求から、平坦、直線路線を選ぶことにした。すなわち、つぎのものである。

場所：田歌下口（京都府北桑田郡）

測定距離：200m

勾配：平坦、ほぼ直線道路

路面：砂利道硬路面、表面に小砂利

また、車両は芦生演習林所属のトラック（T<sub>1</sub>）4.0t 車を使用した。

表-21 車両の走行速度と振動加速度との測定位置との交互作用について  
Table 21. The interaction between the speed and the measuring position

計器の位置 Position of Vibrograph	走行速度 Speed (km/h)	振 動 加 速 度 Vibro-acceleration	
		左右方向 Horizontal Component (g)	上下方向 Vertical Component (g)
No. 1	20	$g_H = 0.26$	$g_V = 0.51$
	30	$= 0.45$	$= 0.68$
	38	$= 0.60$	$= 0.78$
No. 4	20	$g_H = 0.36$	$g_V = 0.72$
	31	$= 0.53$	$= 0.84$
	36	$= 0.71$	$= 0.86$
No. 5	19	$g_H = 0.46$	$g_V = 0.64$
	32	$= 0.78$	$= 0.84$
	36	$= 0.78$	$= 0.95$

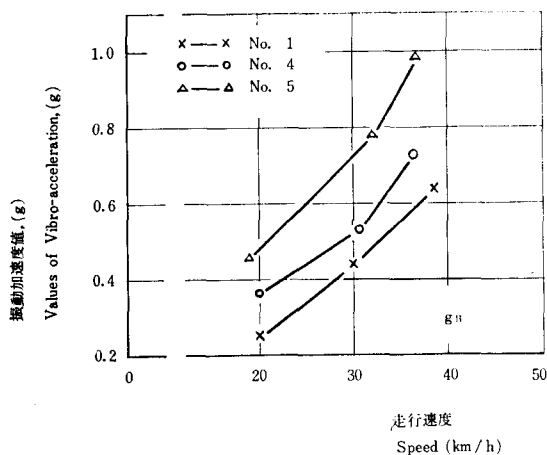


図. 33-1 振動加速度  $g_H$  に対する、走行速度と測定位置の交互作用

Fig. 33-1 The interaction between the speed and the measuring position,  $g_H$

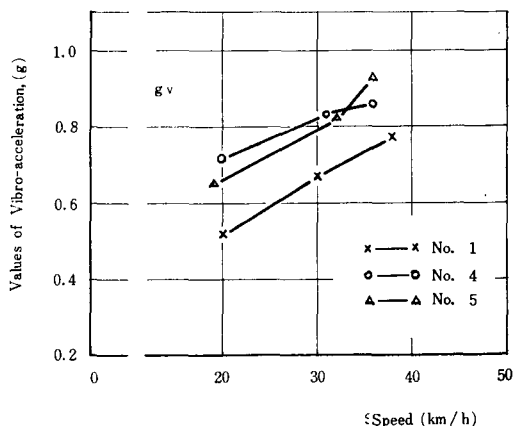


Fig. 33-2 The interaction between the speed and the measuring position,  $g_V$

From this figure it is presumed that the curve No. 4 will be laid between No. 1 and No. 5 when repeating tests.

### 7・2・2 測定条件

条件間の効果については、つぎの3つの測定条件を考慮した。すなわち、

- (1) 走行速度は、20km/h～40km/h に変化させる。
- (2) 測定位置は No. 1, No. 4, No. 5 に変化させる。
- (3) タイヤ圧について、前輪タイヤ圧を一定に揃え、（このとき、左右両輪はバランスをとる）後輪タイヤ圧を 20, 45, 70 pounds/inch<sup>2</sup> の3段階に変化させる。

以上、3つの条件を(1)と(2)、および(1)と(3)の組合わせにより、振動加速度に対する両者間の交互作用を検討した。

### 7・3 測定結果

測定結果はつぎの通りであった。

#### (1) 走行速度と測定位置

振動加速度の測定位置を、文献(5)におけるように車両の中心軸上（Y 軸上）において、No. 1, No. 4, No. 5 のごとく移動させるとき、各々が走行速度の変化により振動加速度にどのような影響を与え、また両者間に交互作用がみられるかどうかについての結果は（走行速度および測定位置の変化が振動加速度におよぼす影響は）Table 21 で示される。また、Table 21 から Fig. 33 がえられる。

#### (2) 走行速度とタイヤ圧

振動加速度に対する走行速度とタイヤ圧の交互作用は Table 22 で示される。また、Table 22 より Fig. 34 がえられる。

### 7・4 結果の考察と論議

ここでは、結果をつぎの2つに分けて考察・論議する。

#### 7・4・1 走行速度と測定位置の交互作用

##### (1) 結果の検討

Table 21, Fig. 33 からつぎのことがわかる。

- 1) 振動加速度の値は、測定位置に関係なく、 $g_H$ ,  $g_V$  とともに走行速度の増大につれて、ほぼ比例的

表—22 走行速度と車両タイヤ圧の交互作用について

Table 22. The interaction between the speed and the tire-pressure

後輪タイヤ圧 Rear Tire- Pressure (Pounds/inch <sup>2</sup> )	走行速度 Speed (km/h)	振 動 加 速 度 Vibro-acceleration	
		Horizontal Component (g)	Vertical Component (g)
70	20	$g_H=0.26$	$g_V=0.51$
	30	$=0.45$	$=0.68$
	38	$=0.60$	$=0.78$
45	20	$g_H=0.27$	$g_V=0.44$
	32	$=0.40$	$=0.65$
	38	$=0.55$	$=0.69$
20	20	$g_H=0.20$	$g_V=0.38$
	32	$=0.34$	$=0.58$
	37	$=0.44$	$=0.60$



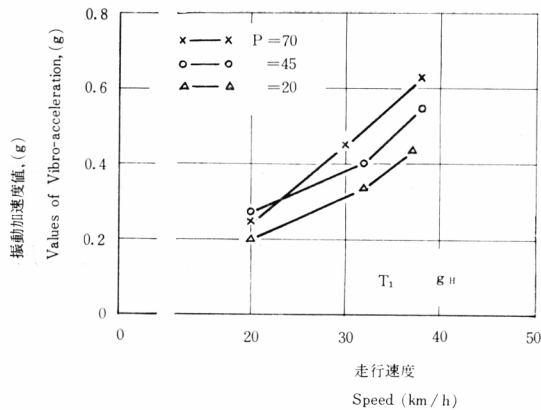


図. 34—1 振動加速度  $g_H$  に対する、走行速度とタイヤ圧の交互作用

Fig. 34-1 The interaction for vibro-acceleration between the speed and the tire-pressure,  $g_H$

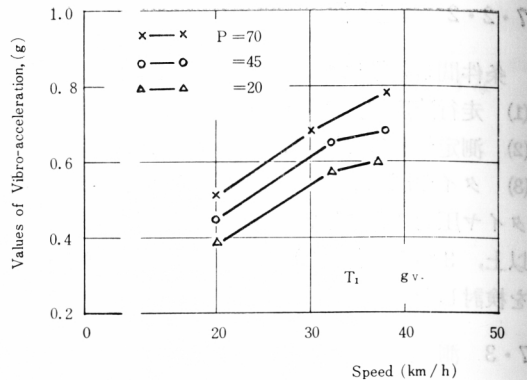


Fig. 34-2 The interaction for vibro-acceleration between the speed and the tire-pressure,  $g_v$ . It is easily presumed that the curve  $P = 45$  will be laid between  $P = 70$  and  $P = 20$  when repeating tests.

に増加する。

- 2) また  $g_H$ ,  $g_v$  は No. 1 で最小であり、位置が中心より後方に離れると次第に大きくなる。これは 1 章における結果と同じであることを示す。
- 3) 各測定位置についてつぎのことが知られる。走行速度の増大により  $g_H$  は相当急速に増大するが、 $g_v$  は増加の度合いがそれ程顕著でない。なお、 $g_v$  に関し、No. 4, No. 5 のカーブが交わっているのはつぎのように考察される。両カーブの交わるのは、むしろ実験上の欠陥によるものとして考えられ、実験の繰返しの増加により、No. 4 のカーブは No. 1, No. 5 の両カーブの中間に入るものであることが考えられる。
- 4) 各測定位置での振動加速度は、走行速度と共に増加の傾向をとり、Fig. 33 から、測定位置と走行速度の間には交互作用はないものと考えてよい。

#### 7・4・2 走行速度とタイヤ圧の交互作用

Table 22, Fig. 34 を基にして、つぎのことが考察される。すなわち、

- 1) 振動加速度の値は、タイヤ圧に関係なく、走行速度の増大と共にいずれの場合にも増加する。
- 2) 振動加速度値  $g_H$ ,  $g_v$  とともに走行速度が変化しても、タイヤ圧が小さい場合にもっとも小さくなる。したがって、走行速度に関係なく、タイヤ圧が小さくなると振動加速度は小さい。
- 3) 測定した 3 水準のタイヤ圧に関しては、 $g_H$  の値は、走行速度の増大により、 $g_v$  よりも次第に顕著な増大の傾向を示す。
- 4) 各タイヤ圧での振動加速度は、走行速度の増大と共に増加の傾向をもち、さらに Fig. 34 から、走行速度とタイヤ圧の間には交互作用はみられない。

#### 7・4・3 その他の考察

以上のほか、重要と考えられる積荷量と上記の測定条件との交互作用は検討できなかったが、積荷量と振動加速度との関係 (第 3 章)、および上の 2 つの交互作用の検討から推測して、たとえば、積荷量と走行速度、積荷量とタイヤ圧などの間には交互作用は存在しないものと考えられる。

筆者は 1～6 章の中で、振動加速度の測定にさいし、推奨すべき最適条件を検討し、それらにつ

いて記述してきたが、測定条件間にはそれぞれ交互作用がみられないという事実から、路面判定のための測定が、つぎの点で非常に弾力性（融通性）をもちうるものとする。たとえば、かりになんらかの理由により、測定条件を、筆者が先に推奨してきた最適値、最適場所に設定できない場合があったとしても、（たとえば、計器について、No. 1 の場所に設定できず No. 3, No. 4 などに変わる、また、タイヤ圧が 70 pounds/inch<sup>2</sup> に設定できず、50, 40 pounds/inch<sup>2</sup> などのように変わる等々）その場合、現地でしやすい条件を設定し、これを基準として路面判定の比較値をうる事が可能である。本章でえた結果は、こうした意味をもっていると解してよいであろう。

## 結 言

林道路面の良否判定法については、先の文献(5)と本稿とを合せることにより、筆者の意図するところをほぼ記述しえたと思っている。とくに本稿においては、紙数の関係で文献(5)に記述しえなかった振動加速度と、その測定条件との関係や、測定の最適条件の問題に力点をおき、本研究、本方法のために筆者の推奨する最適条件を上記各章において提示した。

なお、本研究を通じ、筆者のえた派生的な問題などを、以下にいくつか取上げ本稿の結びとしたい。

- 1) 振動計について、筆者の経験によれば、よほど悪い林道でも 2g（片振り）をこえることはない。計器を、林道および舗装道路に兼用することを考えるとして、本方法のためには±2g までの測定範囲の計器が使いやすいように考える。
- 2) 車両に生ずる上下方向の衝撃荷重は、林道と舗装道では非常に大きな相違があり、林道路面において、この衝撃荷重の増大は、つねに車両の補修に重要な意義をもっているものといえる。林業での車両の損耗を、こうした面から考察してみることも大切であろうと考える。
- 3) 車両に生ずる衝撃荷重は、車両の使用年数の多少に関係して一般に大きくなるようである。これは、車体各部の構造材料の疲労、とくにバネの疲労によるものとして興味あることだと考える。
- 4) 林道の木橋上で縦板（輪立部分に）を張った路面を測定したい、それはアスファルト舗装同様、車両の衝撃荷重を小さくする点で有効であった。林道への部分的な舗装（たとえば輪立部分への舗装など）導入の問題は、こうした面から（車両の損耗の問題を含め）今後の問題として、興味を残しているように考える。

最後に、このたび文献(5)に引続き、時ならずして、筆者に本稿掲載の機会を与えられた本演習林報告の編集委員の方々に深く感謝の意を表する次第である。

## 参考・引用文献

- 1) Ahlborn, G. & Mayor, R. A.: New Development in BPR Roughness Indicator and Tests on California Pavement, HRB Bull. 139, 1956, Washington.
- 2) 平尾収・亘理厚他：理論自動車工学，山海堂（昭36）
- 3) Honsel, W. S.: Pavement Profil surveys to correlate Michigan Design Practice with Service Behavior, Proc. HRB Washigton (1959)
- 4) 穂坂衛・石川次郎：乗心地の量的表現とその計測方法，鉄道研究所資料，Vol. 8, 17, 1951
- 5) 石本巳四雄：振動実験及測定法，共立社（昭9）
- 6) 岩川治：林業用トラックの更新問題，日本林学会誌，Vol. 41 (8), (1959)
- 7) 岩川治：林道路面の良悪の判定について，日本林学会誌，Vol. 44 (3), (1962)
- 8) 岩川治：車両振動と林道路面の良否判定法の適用，日本林学会誌，Vol. 45 (2), (1963)
- 9) 岩川治：路線のカーブと車両の振動加速度との関係，日本林学会誌，Vol. 45 (4), (1963)
- 10) Iwakawa, O. Takada, O.: The Relationship between the Vibro-acceleration of Motor-trucks and the measuring Position on their loading Decks. J. Jap. Forest Soc. Vol. 45 (11), (1963)

- 11) Iwakawa, O.: The Relationship between the driven Speed of Motor-trucks and the Vibro-acceleration. J. Jap. Forest Soc. Vol. 46 (5), (1964)
- 12) Iwakawa, O.: The Relationship between the Vibro-acceleration and the Amounts of loaded Timber on the loading Deck of Motor-trucks. J. Jap. Forest Soc. Vol. 46 (6), (1964)
- 13) Iwakawa, O.: The Relationship between Tire-pressure and Vibro-acceleration occuring in the running Motor-truck. J. Jap. Forest Soc. Vol. 46 (7), (1964)
- 14) Iwakawa, O.: The Interaction between the measuring Conditions of Vibro-acceleration J. Jap. Forest Soc. Vol. 47 (5), (1965)
- 15) 岩川治: 林道路面の良否判定に関する研究 I 京大, 演習林報告第36号, (3), (1965)
- 16) 片野洋: 舗装の表面の凹凸測定について 第5回日本道路会議(講演集)(昭34)
- 17) 国枝正春・横瀬景司: 自動車の乗心地試験とその考察, 鉄道研究所資料 Vol. 10, (1953)
- 18) 松平精, 松井哲: 走行中の自動車の振動, 日本機械学会誌 Vol. 55, 403, (1953)
- 19) 松平精: 基礎振動学, 共立出版社
- 20) 岡田清: 最近のコンクリート系舗装, 土木学会道路工学テキスト, (昭35)
- 21) Rowell, H. S.: Principle of Vehicle Suspension Proc. Inst. Autom. Eng. 17, (1923)
- 22) 妹沢克雄: 振動学, 岩波書店(昭7)
- 23) 谷口修: 振動工学, コロナ書店(1962)
- 24) 谷口修: デンハルトク, 機械振動論邦訳, コロナ書店(1944)
- 25) 武蔵倉治: 振動計, 岩波書店(昭19)
- 26) Timoshenko, S.: Vibration Problems in Engineering. D. von Nost Rand Company, Inc. New York.
- 27) 山本峰雄: 自動車工学講座, No. 1 山海堂書店(昭36)
- 28) 山脇三平, 他: 運材トラックの燃費と振動, 第67回, 日本林学会講演集, (1957)

## 摘 要

車両の振動現象を利用し、車両に生ずる衝撃荷重の大きさを尺度として、林道路面の良否判定が可能であることは、文献(15)においてすでに記述したが、本稿では、路面の良否判定法の尺度である振動加速度をとりあげ、それが各測定条件に対しいかなる関係を有するか、その性質をつぎの7つに分けてそれぞれ明らかにするとともに、測定に際してとられるべき条件の検討を行った。以下、これについての内容を簡単に記述する。

1. 測定位置の変化と振動加速度との関係を論じたのが1章の内容であるが、勿論、その目的は振動加速度の測定場所として、どこが適当であるかを求めることにあった。筆者は、測定の実用的立場から、車両の荷台上を測定場所とし、その中で6個所の位置を選び、もっとも振動加速度の小さくなる位置(重心にもっとも近いと考えられるとする)を求めこれを考察した。その結果、軸距の中央、荷台上の No. 1 の位置を測定の基準とすることが適当であるという結論を得た。(1・4・3参照)
2. 測定車両の走行速度を変数(20km, 30km, 40m, 50km/h の4水準測定)として、そのさい車両に生ずる振動加速度の変化を、実験を基にして考察を行ったのが2章の内容である。その結果、上下・左右の振動加速度値は速度の増大とともに増加し(2・3 参照)、とくに  $g_H$  は、(速度の増大につれて)  $g_V$  に対して相対的な増加が著しくなることがわかった。こうした考察から、測定条件として、走行速度はできるだけ小さい方がよく、具体的には、(林道における走行条件、測定能率を考慮すると)大体 20km/h を適当とすることが推奨される。(2・4・2参照)
3. 測定車両の荷台上に木材を積込む場合、その積載量の変化と振動加速度との関係を検討してみた。その結果、上下、左右の振動加速度は積載量の増大と共に減少するという傾向を見出した。この結果から、路面判定のための振動加速度の測定は、積載量条件を一定にしておくことが重要であること、および、空車走行による測定が有利であることを導いた。
4. 4章では、車両タイヤ圧をとりあげ、タイヤ圧の変化と、そのさい車両に生ずる振動加速度との関係を追究し、振動加速度の増大はタイヤ圧の増大にほぼ比例することを見出した。この事実により、測定にさいして、タイヤ圧を無視することはできないこと、および、測定中タイヤ圧の一定(少なくとも左右両輪のバランスがとれているべきこと)を条件とすべきことを知り得た。
5. つぎに5章では、車両がカーブ路線を通過するさい、車両に生ずる振動加速度がカーブによって、とくに小回りのカーブでどのような影響を受け、また、路面判定にさいして、カーブ路線をいかに取扱うべきか、ということ

とを中心として論じた。測定の結果、カーブは左右振動加速度の増大に関係をもち、 $r$ の小さい( $r \leq 30$ において)カーブ程、その影響の大きいことがわかった。したがって、 $r \leq 30$ のカーブ路線については、路面判定にさいして、 $\alpha_V$ と共に $\alpha_H$ を考慮する必要がある。(5・4・4参照)

6. 上記の5つの条件の外に、振動加速度の測定にさいして、一応考えておくべきつぎの条件をとりあげ、1), 車両の種類2), 路面の勾配の大小, 3), 運転者の技能度, 等と測定される振動加速度との関係を述べた。

7. ついで上記測定条件の中で、振動加速度に対する主なる作用因子として、走行速度、タイヤ圧、測定位置をとりあげ、振動加速度に対する作用因子間の交互作用につき検討を行った。その結果、上記3因子の間には、交互作用のないことを確認した。このことから、振動加速度の測定にさいして、われわれが測定条件をかなり弾力的に(必ずしも特定の条件に拘束されることなく、現場に応じて)決めうることをえた。(7・4参照)

本研究における詳細な考察・論議の結果、および文献(15)に基礎をおくことにより、車両に生ずる衝撃荷重の大きさ(具体的には、振動加速度の係数 $\alpha_H$ 、 $\alpha_V$ の大きさ)を尺度として、林道路面の良否を判定する一つの方法が確立された。なお、本研究の主なる適用・応用性はつぎのように要約できる。

- (1). 林道路面の良否に対する直感判断に科学的な根拠を与えることができ、比較の基準がえられる。
- (2). 林道路面改善への一つの基礎となり得る。
- (3). 路面の良否の数値的な把握によって、それを基にした科学的な路面の補修、管理を可能にし、また林道における車両の運転上の安全性向上に役立て得る。
- (4). 判定法の尺度である衝撃荷重の大きさは、とくに悪路での走行を要求される林業用車両の損耗を理解する上に重要な意味をもち、その方面への研究に役立たせることができる。

## RÉSUMÉ

The main purposes of this paper were to make clear the relation between the characteristics of the vibro-acceleration and the measuring conditions, and also to find the best condition for the estimation of the quality of forest roads as in Report No. 15<sup>15)</sup>. Therefore, the followings were considered and discussed in chapters 1~7 respectively.

1. It can be generally pointed out that the vibro-acceleration measured by means of a vibrograph which is fixed on a motor-truck will be the smallest at the position of its center of gravity, C. G. and may be different at each position on which it can be measured.

In practice, however, it was very difficult to measure the vibro-acceleration at C.G., so that I determined to select, on practical grounds, the best place for measuring it on the loading deck of the motor-truck. In this case, the following problem will appear to us: what position is suitable for tests. In order to find the most suitable position for the measurement of vibro-acceleration, each position, Nos. 1~6, as shown in Fig. 9 of Report No. 15 was experimentally discussed in Chapter 1.

From the results, it was seen that the value of vibro-acceleration was a minimum at the position No. 1 and that this position was the optimum for the measurement of vibro-acceleration on the loading deck of the motor-truck.

2. In chapter 2, the relation between the increase of the speed and the variation of the vibro-acceleration was experimentally studied at the 4 speed levels 20, 30, 40 and 50km/h. It was made clear from results that with increasing the speed, the values of the vibro-acceleration,  $g_H$  and  $g_V$  increased, but in these cases at higher speed the value of  $g_H$  became relatively greater than that of  $g_V$ .

Therefore, if we consider the measuring efficiency and effect, it is recommended that the speed at which the relation of  $g_H < g_V$  can be satisfied be selected for this investigation, and especially in rough forest roads, average speed 20 km/h is best used for this purpose. This is because the roughness of road surfaces is closely related to the vibration in a vertical direction.

3. It is generally considered that the vibration occurring in the running motor-truck may not be independent of the amounts of carrying timber on its loading deck. In this chapter, the test was to investigate the relation between the amount of the carrying timber and the variation of the vibro-acceleration, and also it was made to find a suitable measuring condition for estimating the quality of forest roads. From the results, we can draw the conclusion that the values of the vibro-acceleration decrease with an increase of amounts of the carrying timber.

Thus, it is necessary to keep constant the loading condition in order to measure the vibro-acceleration and also in this case I consider that measurements using an unloaded motor-truck are more suitable than those obtained by using a loaded motor-truck for the purpose of this study.

4. The relation between the tire-pressure of motor-trucks their vibro-acceleration was investigated in chapter 4. This chapter had two purposes; the first was to establish an optimum measuring condition for the object of this study, and the second was to investigate the effects of the tire-pressure.

The following facts became clear from the results; first the values of vibro-acceleration were nearly in proportion to variations of the tire-pressure, and secondly the tire-pressure could not be neglected in measuring the vibro-acceleration.

5. Driving on curved roads, a given motor-truck is affected by centrifugal force. From this point of view, the effect of curve on vibro-acceleration was investigated in this chapter. From the results, it became obvious that the value of  $G_H$  in horizontal direction increased with the decreasing of the radius ( $r$ ) of curvature in the range of  $r \leq 30$  m, but that of  $g_V$  in vertical direction was not noticeably influenced by the value of  $r$ .

Thus, I consider that the  $r$  of a curved road is an important factor which is impossible to be neglected when estimating the quality of forest roads, and in this case especially it is important how many curves ( $r \leq 30$ ) are included in a given road, because the effect of  $r$  based on centrifugal force is found only in the range of  $r \leq 30$ , when the average speed is 20 km/h.

6. The following conditions which could not be pointed out in previous chapters were discussed on the vibro-acceleration in chapter 6; (1) types of given motor-truck; (2) average slope of a road; (3) the driver of a motor-truck.

7. It is easily seen that the followings among the measuring conditions are very important factors in determining the vibro-acceleration; the speed, the tire-pressure, the measuring position on which a vibrograph is fixed and amounts of loaded timber. In chapter 7, the interaction between the measuring conditions was investigated on the basis of the first three factors.

From the test results, it was seen that there was not any interaction between the speed and the measuring position, and also between the speed and the tire-pressure. Therefore, it is seen from these facts that we can select the measuring conditions (example: speed, tire-pressure,

position of vibrograph etc.) easily reached at a testing place, even if it is difficult to use conditions (the best value or the best position) recommended in chapters 1~4 for the purpose of this method. This is available for our selections.

On the basis of the considerations described in chapters 1~7 and Report No. 15,<sup>15)</sup> I have established a scientific method for estimating the quality of forest roads by means of the vibro-acceleration occurring in a running motor-truck, that is, in practice by means of its each coefficient,  $\alpha_H$  and  $\alpha_V$ .

The applicative estimation of this method is made as follows. Assuming that forest roads, A and B, are measured by a motor-truck  $T_1$ , for instance, when  $\alpha_H$  and  $\alpha_V$  of forest road A are smaller than those of B, it is judged by the above-mentioned way that the former is better than the latter in regard to the quality of forest road surfaces. In this case, when tests are made on straight roads, according to my experiments, it is clearly seen that the mere comparison of each  $\alpha_V$  is enough to estimate the quality of road surfaces. This reason is based on the fact that the impact load increases in proportion to the coefficient of the vibro-acceleration.

According to my opinion, a way of universalizing this method is as follows. Suppose that two tested roads A and B are geographically far apart and can not be measured by means of a same moto-truck,  $T_1$ . Furthermore, suppose that the value of  $\alpha_V$  is the coefficient of vibro-acceleration on road A measured by  $T_1$  and that the value of  $\alpha_V'$  is it on road B measured by  $T_2$  ( $T_1 \neq T_2$ ). If the value of the vibro-acceleration at various sizes of concaves as seen in Fig. 6 of Report No. 15<sup>15)</sup> are given by  $T_2$  as well as by  $T_1$ , and also the curves showing the variation of the vibro-acceleration against various sizes of concaves are obtained by graphs for  $T_1$  and  $T_2$  respectively, on the bases of these values (or from two given curves) it may be possible to make an indirect comparison between  $\alpha_V$  and  $\alpha_V'$ , that is, between road A and road B.

As described above, the characteristic of this paper lies in the point where the value of the impact load was used for estimating the quality of forest roads. Therefore, I consider this investigation may be possible to contribute not only to the estimation of the quality of road surfaces but also to a study on the degree of fatigue of the motor-truck.